ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 MAI 1907,

PRÉSIDENCE DE M. A. CHAUVEAU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes** adresse une ampliation du Décret par lequel le Président de la République approuve l'élection que l'Académie a faite de M. *H. Le Chatelier*, pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par suite du décès de M. *Henri Moïssan*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. *H. Le Chatelier* prend place parmi ses Collègues.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, en raison des fêtes de la Pentecôte, la séance du lundi 20 mai est remise au mardi 21.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation fonctionnelle se présentant dans la théorie de certaines équations aux dérivées partielles.* Note de M. **Émile Picard**.

1. Les travaux récents établissent des liens de plus en plus étroits entre les équations fonctionnelles et les équations aux dérivées partielles quand on se propose d'intégrer celles-ci avec certaines conditions aux limites. Ayant eu récemment l'occasion dans mon cours, en étudiant les équations linéaires de la forme

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} + a\frac{\partial z}{\partial x} + b\frac{\partial z}{\partial y} + cz = 0 \qquad (1)$$

(où a, b, c sont des fonctions de x et y), de rencontrer une équation fonctionnelle qui n'est pas sans intérêt et généralise un type bien connu, je me propose de l'indiquer ici.

2. J'ai, autrefois, effectué l'intégration de l'équation (1), en supposant données les valeurs de l'intégrale sur un segment de l'axe des x à partir de l'origine et sur une droite (ou une courbe) passant par l'origine; j'opérais par approximations successives convenablement dirigées. M. Hadamard a donné depuis une solution en introduisant une fonction analogue à la fonction adjointe de Riemann (qui ne peut d'ailleurs, en général, être obtenue que par approximations successives) et en généralisant la méthode classique de Riemann relative à l'équation (1).

M. Goursat s'est proposé le problème plus général de l'intégration de l'équation (1) en se donnant les valeurs de l'intégrale suivant deux droites (ou deux courbes) OA et OB situées dans l'angle xOy. Il généralise la méthode que j'avais suivie dans le cas où OB coïncide avec Ox.

3. Je me suis proposé de traiter le problème relatif aux droites OA et OB, que nous pouvons supposer correspondre aux équations $y = x$, $y = \beta x$ $(\beta < 1)$, en partant de l'idée suivante : déterminer sur Ox les valeurs de l'intégrale cherchée au moyen d'une certaine équation fonctionnelle. On appliquera pour cela la formule de M. Hadamard rappelée plus haut, en opérant comme si l'intégrale était donnée sur OA et Ox. Écrivant alors que, sur OB, l'intégrale a les valeurs données, on obtient l'équation fonctionnelle cherchée. Cette équation a la forme

$$(2) \qquad f(x) - P(x) f(\beta x) + \int_0^x \psi(x, y) f(y)\, dy = \varphi(x).$$

Dans cette équation la fonction inconnue est $f(x)$, qui doit avoir une valeur donnée pour $x = 0$. Les fonctions $P(x)$, $\psi(x, y)$ et $\varphi(x)$ sont des fonctions connues. La fonction $\varphi(x)$, par la nature même du problème, s'annule pour $x = 0$ et a une dérivée. La fonction $P(x)$ est essentiellement positive; dans l'intervalle (O, α), où doit rester x, on a

$$P(x) < e^{Ax}$$

A étant une constante positive, et l'on a $P(0) = 1$. Le produit

$$P(x) P(\beta x) \ldots P(\beta^n x)$$

est convergent pour $n = \infty$; soit $\Pi(x)$ sa valeur.

4. Il s'agit d'intégrer l'équation fonctionnelle (2). Nous introduirons un paramètre λ en envisageant l'équation

$$(3) \qquad f(x) - P(x) f(\beta x) + \lambda \int_0^x \psi(x, y) f(y)\, dy = \varphi(x)$$

et cherchant une solution de la forme

$$(4)\qquad f(x) = f_0(x) + \lambda f_1(x) + \ldots + \lambda^n f_n(x) + \ldots$$

ordonnée suivant les puissances de λ. On aura les équations successives

$$(5)\qquad \begin{cases} f_0(x) - \mathrm{P}(x) f_0(\beta x) = \varphi(x), \\ f_n(x) - \mathrm{P}(x) f_n(\beta x) + \int_0^x \psi(x, y) f_{n-1}(y)\, dy = 0 \quad (n = 1, 2, \ldots). \end{cases}$$

On prendra pour $f_0(0)$ la valeur donnée, et pour $f_n(0)$ la valeur *zéro* $(n \geqq 1)$.

On peut aisément avoir ainsi de proche en proche les fonctions $f_n(x)$, et l'on établit une inégalité fondamentale relative à $f_n(x)$. Soit, dans l'intervalle $(0, \alpha)$,

$$|f_0(x)| < \mathrm{K}, \qquad |\psi(x, y)| < \mathrm{M}, \qquad e^{\frac{\mathrm{A}x}{1-\beta}} < \mathrm{H};$$

on aura

$$|f_n(x)| < \mathrm{K} \frac{\mathrm{M}^n \mathrm{H}^n x^n}{1.2.\ldots.n} \frac{1}{(1-\beta)(1-\beta^2)\ldots(1-\beta^n)}.$$

La convergence de la série (4), *pour toute valeur de* λ, en résulte immédiatement ; en particulier pour $\lambda = 1$, on a la solution de l'équation (2).

Les résultats précédents se déduisent de ce que la première des équations (5) se résout par la série convergente

$$f_0(x) = \Pi(x) f_0(0) + \sum_{n=1}^{n=\infty} \mathrm{P}(x)\mathrm{P}(\beta x)\ldots\mathrm{P}(\beta^{n-1}x)\,\varphi(\beta^n x).$$

5. Il est d'ailleurs aisé d'établir que l'équation fonctionnelle (2) n'a qu'une seule solution. Ceci revient à montrer que l'équation

$$f(x) - \mathrm{P}(x) f(\beta x) + \int_0^x \psi(x, y) f(y)\, dy = 0,$$

où l'on suppose $f(0) = 0$, n'est vérifiée que si $f(x)$ est identiquement nulle. Par un raisonnement analogue au précédent, on conclut, en allant de proche en proche, que, si $|f(x)|$ est inférieur à K, on aura

$$|f(x)| < \mathrm{K}.\mathrm{MH}x \frac{1}{1-\beta},$$

$$|f(x)| < \mathrm{K} \frac{\mathrm{M}^2 \mathrm{H}^2 x^2}{1.2} \frac{1}{(1-\beta)(1-\beta^2)},$$

et d'une manière générale

$$|f(x)| < K \frac{M^n H^n x^{n^2}}{1.2\ldots n} \frac{1}{(1-\beta)\ldots(1-\beta^n)},$$

d'où il résulte que $f(x)$ est identiquement nulle, comme on voulait l'établir.

6. Notre équation (2) généralise évidemment une équation étudiée par Volterra (par exemple, en faisant $\beta = 0$). Il vient de suite à l'esprit de généraliser l'équation de Fredholm en considérant l'équation

$$(6) \qquad f(x) - P(x) f(\beta x) + \int_0^a \psi(x, y) f(y)\, dy = \varphi(x),$$

la limite supérieure de l'intégrale étant la constante a, au lieu de la variable x que nous avions dans l'équation (2).

Moyennant certaines hypothèses, d'un caractère très général, faites sur $\psi(x, y)$ et $\varphi(x)$, on ramènera facilement l'équation (6) à une équation ordinaire de Fredholm. On tire en effet de cette équation

$$(7) \qquad f(x) - \Pi(x) f(0) + \int_0^a \chi(x, y) f(y)\, dy = \pi(x),$$

en posant

$$\chi(x, y) = \psi(x, y) + \sum_{n=1}^{n=\infty} P(x)\ldots P(\beta^{n-1} x)\, \psi(\beta^n x, y),$$

$$\pi(x) = \varphi(x) + \sum_{n=1}^{n=\infty} P(x)\ldots P(\beta^{n-1} x)\, \varphi(\beta^n x).$$

L'équation (7) est bien du type de Fredholm, et l'on peut d'ailleurs remonter de cette équation à l'équation (6).

ÉLECTRICITÉ. — *Théorie du condensateur parlant de M. Argyropoulos*. Note de M. **Marcel Deprez**.

M. Argyropoulos a fait connaître tout récemment à l'Académie (séance du 6 mai 1907, p. 971) les résultats qu'il a obtenus à l'aide d'un dispositif auquel il a donné le nom de *condensateur parlant* et qui ne diffère du dispositif, déjà connu sous le nom de *condensateur chantant*, que par l'intercalation, dans le circuit du fil secondaire du transformateur du microphone,

d'une source de force électromotrice ayant pour but de produire entre les deux armatures du condensateur une différence de potentiel constante de plusieurs centaines de volts.

L'introduction de cette force électromotrice dans le circuit secondaire du transformateur augmente d'une façon extraordinaire l'intensité du son émis par le condensateur. C'est là le fait capital découvert par M. Argyropoulos, qui, d'ailleurs, n'en donne aucune explication dans la Note précitée.

Je vais combler cette lacune et montrer que l'adjonction de la force électromotrice auxiliaire permet d'accroître, dans une proportion *presque* aussi grande qu'on le veut, l'intensité du son dû au mouvement vibratoire des armatures.

Lorsqu'on met les deux armatures d'un condensateur de capacité C en communication avec les deux pôles d'une source d'électricité de force électromotrice E, le condensateur se charge d'une quantité Q d'électricité égale à CE et les deux armatures sont sollicitées par une force attractive F, proportionnelle à Q^2 et par suite à E^2, de sorte que l'on peut écrire

$$F = F_1 E^2,$$

F_1 désignant la valeur de la force attractive lorsque $E = 1$.

Cet effort F ainsi développé entre les deux armatures peut atteindre une valeur aussi grande qu'on le veut, mais il a pour unique résultat de comprimer le diélectrique qui les sépare d'une quantité très petite que l'on peut considérer comme proportionnelle au carré de la force électromotrice E.

Supposons maintenant qu'on augmente cette force électromotrice d'une quantité très petite ΔE, l'effort F éprouve un accroissement qui, en négligeant le carré de ΔE, est donné par l'équation

$$\Delta F = 2 F_1 E \Delta E.$$

Dans l'expérience de M. Argyropoulos la quantité ΔE représente, à chaque instant, la force électromotrice variable développée, par le jeu du microphone, dans le fil secondaire du transformateur. On voit immédiatement que la valeur de ΔF (et par conséquent du mouvement d'amplitude extrêmement petite des armatures qui se rapprochent en comprimant le diélectrique) est proportionnelle à la force électromotrice auxiliaire E. L'amplitude du mouvement des armatures, et par suite l'intensité du son

qui lui est proportionnelle, peut donc aussi être considérée comme sensiblement proportionnelle à E. Lorsque E = O (condensateur chantant tel qu'on le réalisait jusqu'à présent), l'attraction $\Delta F'$ devient $\Delta F' = F_1 (\Delta E)^2$, de sorte que le rapport des efforts et par suite des amplitudes et des intensités acoustiques serait, pour les deux dispositifs nouveau et ancien, donné par l'équation

$$\frac{\Delta F}{\Delta F'} = \frac{2E}{\Delta E}$$

qui, tout en donnant des résultats trop forts (pour des raisons faciles à discerner), montre cependant très clairement les avantages du dispositif de M. Argyropoulos.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le glycose provenant du sucre virtuel du sang.* Note de MM. **R. Lépine** et **Boulud**.

Dans une Note sur les glycosides (sucre virtuel) du sang [1] nous disions que, par l'addition d'eau, d'émulsine, et surtout d'invertine, on augmente beaucoup la quantité du glycose qui, dans tout sang défibriné, maintenu à 58° (pour empêcher la glycolyse normale), se libère de la combinaison dans laquelle il était dissimulé. La quantité de glycose, ainsi libéré, atteint souvent 0g,40 et parfois bien davantage (pour 1000g de sang).

L'émulsine et l'invertine ne supportant pas la température de 58°, nous ne les ajoutons au sang qu'après l'avoir retiré du bain-marie, où il a séjourné 15 minutes à cette température.

Si l'on n'ajoute ni invertine, ni émulsine au sang retiré du bain-marie, au bout de 15 minutes et porté ensuite à la température du laboratoire (ou à l'étuve à 38°), il ne se libère, généralement, plus de sucre, sauf dans certains sangs pathologiques, où la libération du glycose peut se poursuivre pendant 1 heure, et peut-être plus. Voici des exemples de libération lente :

Chien 2648. — 30 heures après l'ablation du pancréas :

	Glycose.
	g
Sang tombant de la carotide dans le nitrate Hg.	1,90
Après 15 minutes à 58°.	2,16
45 minutes plus tard.	2,48

---

[1] Lépine et Boulud, *Comptes rendus*, 8 octobre 1906.

CHIEN 2654. — Saigné antérieurement, et ayant perdu du poids :

	Glycose.
	g
Sang tombant de la carotide	1,04
Après 15 minutes à 58°	1,10
45 minutes plus tard	1,28
Id. avec addition d'invertine	1,48

Ce dernier exemple montre bien l'influence de l'invertine.

Nous possédons plus de vingt cas de libération lente. Mais nous insistons sur le fait que, dans le sang normal, la libération du sucre est complète en 15 minutes, *in vitro* (1).

La fibrine la favorise beaucoup (2): si, aussitôt après la défibrination, on filtre une partie du sang et que l'on porte les deux échantillons à 58°, pendant 15 minutes celui qui est en contact avec la fibrine est généralement plus riche en sucre. La différence est au moins de $0^g,15$ à $0^g,20$ (3).

Mais, si l'on opère sur du sang veineux et particulièrement sur certains sangs pathologiques, la fibrine peut produire un effet inverse, c'est-à-dire qu'après 15 minutes à 58° et surtout 45 minutes plus tard, on constate souvent que le sang défibriné, en contact avec la fibrine, a perdu une notable quantité de sucre, tandis que la perte est beaucoup moindre dans le sang dont la fibrine a été retenue sur le filtre. D'après nos recherches très nombreuses à cet égard, cette perte s'explique par l'action de ferments signalés par Mme Sieber, qui sont beaucoup plus abondants dans certains sangs pathologiques que dans le sang normal, et résistent à une température supérieure à 58° (4).

On voit quelle perturbation ils apportent dans la détermination exacte de la quantité de sucre libéré après la sortie du sang hors du vaisseau, et, par conséquent, dans la détermination de la glycolyse réelle, *normale* (5),

(1) On sait, par nos recherches antérieures (*Comptes rendus*, 21 septembre 1903), que, dans le sang circulant à travers le poumon de l'animal vivant, elle peut atteindre, en quelques secondes, au moins $0^g,20$ de glycose pour 1000^g de sang.

(2) Nous disons la *fibrine*, mais il est bien probable qu'elle agit par les ferments issus des globules blancs qu'elle retient.

(3) Il en est de même si, au lieu de sang, on se sert de sérum.

(4) SIEBER, *Zeitschrift für physiolog. Chemie*, t. XXXIX, 1903 et t. XLIV, 1905.

(5) On sait que, pour déterminer la glycolyse réelle, *in vitro*, nous soustrayons de la

c'est-à-dire de la glycolyse qui se fait pendant une heure, *in vitro*, à la température physiologique. C'est en partie pour n'avoir pas connu cette cause perturbatrice que plusieurs auteurs ont, sans fondement sérieux, contesté l'exactitude de faits positifs indiqués il y a 18 ans par l'un de nous, en collaboration avec M. Barral (¹).

On peut atténuer dans une certaine mesure l'action glycolytique perturbatrice des ferments de Mme Sieber, en recevant le sang dans une solution d'acétate de soude, maintenue préalablement dans le bain-marie à 58°. L'acétate de soude gêne, à la vérité, la libération du glycose; mais il s'oppose surtout à la glycolyse. Sa présence réduit donc, d'une manière avantageuse, la destruction du glycose.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Secrétaire perpétuel, en remplacement de M. *Marcelin Berthelot*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 63,

M. de Lapparent obtient	45	suffrages
M. H. Becquerel »	13	»
M. H. Poincaré »	2	»
M. Mascart »	1	»
M. Perrier »	1	»

Il y a un bulletin blanc.

M. DE LAPPARENT, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu Secrétaire perpétuel pour les Sciences physiques.

Son élection sera soumise à l'approbation du Président de la République.

---

quantité de sucre existant dans un échantillon de sang à 58° celle qui subsiste dans un autre échantillon après 1 heure à 39°.

(¹) Voir l'article GLYCOLYSE du *Dictionnaire de Physiologie* de CH. RICHET. Mais, cet article ayant été rédigé il y a plus de 4 ans, beaucoup d'additions seraient nécessaires.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre libre, en remplacement de M. *A. Laussedat*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 72,

M. Carpentier	obtient.	47	suffrages
M. Cornil	»	22	»
M. Teisserenc de Bort	»	2	»

Il y a un bulletin blanc.

M. **Carpentier**, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Président de la République.

PLIS CACHETÉS.

M. **Albert Granger** demande l'ouverture d'un pli cacheté déposé par lui le 5 novembre 1906 et inscrit sous le n° 7157.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient la Note suivante :

CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE. — *Sur l'emploi du permanganate de potassium comme éliminateur de l'hyposulfite de sodium en photographie.*

La conservation des épreuves photographiques, tant positives que négatives, obtenues au moyen des sels d'argent, est subordonnée à l'élimination totale, dans la couche ayant supporté la préparation sensible, de l'hyposulfite de sodium employé pour le fixage. Ce dernier ne peut être enlevé que par des lavages nombreux méthodiquement exécutés.

Dans ces dernières années, on a proposé de détruire l'hyposulfite en excès restant dans l'épreuve fixée à l'aide d'un oxydant convenable; les perborates et persulfates ont été préconisés et employés avec succès. Ces sels ont plusieurs inconvénients : leur prix qui est relativement un peu élevé, l'action dégradante qu'ils peuvent exercer à la longue sur l'épreuve si on laisse leur action se prolonger trop longtemps et l'absence de critérium simple permettant de juger du moment où l'oxydation de l'hyposulfite est terminée.

Le permanganate de potassium permet de réaliser facilement le départ de l'hyposulfite en laissant des traces visibles de son action; le prix modique du produit donne la latitude, en outre, d'opérer dans des conditions exceptionnelles de bon marché avec un corps facile à se procurer.

L'épreuve sortant du bain d'hyposulfite est d'abord rincée deux à trois fois pendant 30 secondes à 1 minute. Ces lavages rapides enlèvent une quantité très appréciable d'hyposulfite; il est inutile de les effectuer dans l'eau courante. Après cela on introduit l'épreuve dans une cuvette, de préférence en porcelaine ou en verre, et l'on verse, pour la dimension 13×18, 10^{cm^3} d'une solution à 1^g par litre de permanganate étendu à 250^{cm^3}. La liqueur se décolore en passant au brun clair et l'on réitère le traitement jusqu'à ce que le permanganate reste inaltéré. Si l'on arrêtait là le traitement on s'exposerait à laisser du permanganate dans l'épreuve et par suite à des brunissements locaux de l'image. On passe alors l'épreuve dans un bain d'acide oxalique à 1 pour 100 qui détruit le permanganate et dissout le voile brun qui se produit quand on laisse l'épreuve trop longtemps dans un bain de permanganate à la fin du traitement. Au bout de quelques minutes on procède au rinçage. Il est facile de juger de la fin du lavage; tant qu'il reste de l'acide oxalique dans l'épreuve, l'eau de rinçage sort trouble quand on emploie l'eau ordinaire.

J'ai essayé un autre mode opératoire qui, plus simple en pratique, m'a semblé moins sûr pour l'avenir des épreuves. A la solution étendue de permanganate on ajoute une solution étendue d'un sel acide, tel qu'un bisulfate alcalin; dans ces conditions le permanganate est réduit sans brunissement, l'oxyde étant redissous au fur et à mesure. Ce traitement n'exige qu'un seul bain, mais il a l'inconvénient d'introduire un sel acide dont l'élimination est moins facile à reconnaître que celle de l'acide oxalique et dont la présence dans la gélatine et le papier, par suite d'un mauvais lavage, aurait plus de chances de gâter l'épreuve que celle de l'acide oxalique.

Je n'ai pas constaté d'altérations sur les clichés et les épreuves au gélatino-bromure abandonnés pendant 1 heure à l'action de la solution de permanganate. Les épreuves positives obtenues par noircissement direct à la lumière du jour, puis virage, m'ont semblé plus délicates. Il est donc prudent de ne pas exagérer la durée du traitement, ce qui est inutile du reste.

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE. — *Observations de la planète nouvelle ZB faites à l'Observatoire de Marseille (équatorial d'Eichens de* $0^m,26$ *d'ouverture).* Note de M. Coggia.

Dates. 1907.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	ΔP.	Nombre de comp.	R app.	Log fact. parall.	P app.	Log. fact. parall.	★
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mai 3...	11.29.38	−3.45,07	+1.17,5	5:5	13.32.59,96	$\bar{2}$,871	98.15.25,0	$0,837_n$	1
» 3...	12.53.47	−3.48,27	+1.21,6	5:5	13.32.56,76	$\bar{1}$,249	98.15.29,1	$0,831_n$	2
» 4...	9.45.11	−4.34,31	+2.21,4	5:5	13.32.10,72	$\bar{1},055_n$	98.16.28,9	$0,837_n$	3
» 8...	11.38.39	+0.57,16	−1.20,9	5:5	13.28.42,25	$\bar{1},130_n$	98.21.44,1	$0,837_n$	4
» 9...	10.16. 1	+0.11,56	−0. 2,0	8:8	13.27.56,65	$\bar{2},080_n$	98.23. 3,0	$0,840_n$	5
» 10...	9.20.55	−0.34,79	+1.21,2	5:5	13.27.10,30	$\bar{1},023_n$	98.24.26,2	$0,838_n$	6

La planète est de 11e grandeur.

Positions des étoiles de comparaison.

★	Gr.	Asc. droite moyenne 1907,0.	Réduction au jour.	Dist. polaire moyenne 1907,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1....	5,4	13.36.43,75	+1,28	98.14. 2,1	+5,4	*Connaissance des Temps* (*m* Vierge).
2....	»	»	+1,28	»	+5,4	» » »
3....		»	+1,28	»	+5,4	» » »
4....	10	13.27.43,80	+1,29	98.22.59,7	+5,3	Auxiliaire rapportée à *m* Vierge.
5....	»	»	+1,29	»	+5,3	» » »
6....	»	»	+1,29	»	+5,3	» » »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'expédition au Turkestan pour l'observation de l'éclipse solaire du 14 janvier 1907.* Note de M. Milan Štefánik, présentée par M. J. Janssen.

J'ai quitté Paris vers la fin du mois de novembre 1906 pour me rendre au Turkestan, où je devais observer une éclipse totale du Soleil. Je me suis dirigé d'abord vers Saint-Pétersbourg et j'ai trouvé, à l'Observatoire de

Poulkow, un excellent accueil de la part du Directeur, M. Backlund et de M. Hansky.

Après avoir traversé Moscou, Samara-Orenbourg et les immenses steppes je suis arrivé à Tachkent et bientôt après à Cernajevo, la dernière station du chemin de fer. De là se firent le voyage et le transport des bagages en caravane.

Les membres de l'expédition de l'Observatoire de Poulkow (MM. Belopolsky, Hansky, Wittram) m'ont gracieusement proposé de m'installer au même endroit qu'eux-mêmes, c'est-à-dire à Ura-Tjnbe, une petite ville sarte, à la hauteur de 1000^{m}. L'installation des instruments (spectroscope, spectrographe, chambre photographique, etc.) s'est faite par un temps très beau et j'espérais accomplir ma tâche dans les mêmes conditions.

Malheureusement le sort ne nous fut pas favorable, ni à aucune des expéditions. La neige commença à tomber la veille de l'éclipse et continua presque sans interruption jusqu'au lendemain soir. J'ai pu voir seulement le croissant du Soleil 12 minutes avant le troisième contact.

L'obscurité n'était pas complète pendant la phase totale. La couleur ambiante du Ciel et de la Terre était d'un bleu violacé. Le passage de l'ombre de la Lune a été très nettement visible sur la légère couche de nuages.

Le phénomène était d'une beauté impressionnante, mais aucun point de mon programme scientifique n'a pu être réalisé.

Comme le voyage de retour par la mer Noire présentait plus de difficultés, j'ai préféré revenir en France par Saint-Pétersbourg.

Qu'il me soit permis de remercier ici M. Darboux, Président du Bureau des Longitudes; M. Janssen, Directeur des Observatoires de Meudon et du mont Blanc, ainsi que M. Bigourdan, qui ont bien voulu patronner ma mission et me procurer tous les moyens matériels dont j'avais besoin.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur les fractions continues arithmétiques et les nombres transcendants.* Note de M. **Ed. Maillet**, présentée par M. Jordan.

Soit une fraction continue illimitée

$$J = a_0 + 1 : a_1 + 1 : a_2 + \ldots,$$

où $a_i = b_i c_i^{-1}$, b_i, c_i entiers > 0.

I. En s'appuyant sur les deux premières classifications des suites de

quantités positives que j'ai indiquées antérieurement ([1]), on obtient les résultats suivants :

Quand la suite des c_n est d'ordre moindre que $+\infty$ (c'est-à-dire $c_n \leqq e_k(n)$, k entier positif assez grand et fixe quel que soit n) dans l'une ou l'autre classification, J *est un nombre transcendant de Liouville :* 1° *si l'ordre* (k, ρ) *de la suite des* b_n *est plus grand que l'ordre de la suite des* c_n, *et si* $(k, \rho) > (3, 0)$ *dans la première classification, ou* $(k, \rho) > (2, 1)$ *dans la deuxième ;* 2° *si l'ordre de la suite des* b_n *est* $+\infty$ *dans l'une ou l'autre classification.*

En particulier, dans la première classification, la suite des c_n étant d'ordre $< (3, 0)$, J est un nombre de Liouville quand la suite des a_n est d'ordre $> (3, 0)$.

Il y a des extensions au cas où l'ordre de la suite des c_n est infini.

On peut d'ailleurs montrer qu'il y a d'autres catégories de fractions continues J qui sont des nombres de Liouville et pour lesquelles l'ordre (k, ρ) de la suite des b_n, plus grand que celui de la suite des c_n, est tel que $(2, \infty > k, \rho) > 2, 0)$ dans la première classification, ou $(2, 1) \geqq (k, \rho) > (1, 1)$ dans la deuxième.

Dans les cas considérés, la fraction J est forcément convergente. Lorsqu'elle est divergente, on peut choisir les a_n et les b_n, de façon que les deux limites distinctes, vers lesquelles tendent les pseudoréduites ([2]) d'ordre pair et impair respectivement, soient des nombres transcendants de Liouville.

II. Lorsque la suite des a_i est quasi-périodique, avec $a_i \geqq 1$, soit τ_n la période du $n^{\text{ième}}$ système de périodes, laquelle a λ_n termes, et se présente k_n fois consécutivement, α_n le nombre des termes de la partie non périodique précédant les périodes. Si, pour une infinité de valeurs de n, k_n est *assez grand* par rapport à α_n, λ_n, b_i, c_i $(i = 0, 1, 2, \ldots, \alpha_n + \lambda_n)$: 1° J ne peut être qu'*un nombre rationnel, quadratique ou transcendant;* 2° quand on a de plus $b_j \geqq c_j c_{j-1}$ ([3]), J ne peut être qu'*un nombre quadratique ou*

([1]) *Introduction à la théorie des nombres transcendants,* p. 8, 219 [note ([1])], 228 et 237. Paris, Gauthier-Villars; 1906.

([2]) Pour éviter des confusions, j'appelle *pseudoréduites* de J les quantités

$$J_n = a_0 + 1 : a_1 + \ldots + 1 : a_n.$$

([3]) La suite des c_n étant donnée, on peut toujours trouver, quand on suppose $b_j \geqq c_j c_{j-1}$, pour tout nombre positif, un développement en fraction continue

transcendant dont le développement en fraction continue ordinaire (à quotients incomplets entiers) *est périodique ou quasi-périodique;* 3° quand, de plus encore, pour une infinité de valeurs de j, $b_j > \alpha(c_0 c_1 \ldots c_j)^2$, si grand que soit α (par exemple quand $b_j > \alpha^j$ pour une infinité de valeurs de j et que c_m est limité supérieurement quel que soit m), J est *un nombre transcendant dont le développement en fraction continue ordinaire est quasi-périodique.*

III. L'étude des fractions continues

$$K = g_0 + h_1 : g_1 + h_2 : g_2 + \ldots,$$

où les g_i, h_i sont positifs, se ramène facilement à celle des fractions J; si $a_i = g_i \frac{h_{i-1} h_{i-3} \ldots}{h_i h_{i-2} \ldots}$, $a_0 = g_0$, $a_1 = g_1 h_1^{-1}$, on a $K = a_0 + 1 : a_1 + 1 : a_2 + \ldots$, g_0 étant rationnel, et les g_i, h_i entiers > 0 :

1° K *est un nombre transcendant de Liouville quand l'ordre de la suite des* h_i *est plus petit que* $+\infty$ *et que celui de la suite des* g_i, *pourvu que ce dernier soit* $> (3, 0)$ *dans la première classification et* $> (2, 1)$ *dans la deuxième.*

2° Quand les suites des g_i $(i > 0)$ et des h_i sont quasi-périodiques, de façon qu'à la fois dans les deux suites, pour une infinité de valeurs de n, le $n^{\text{ième}}$ système de périodes suive α_n termes considérés comme non périodiques, et comprenne k_n périodes d'un nombre *impair* λ_n de termes,

$$a_0 + 1 : a_1 + 1 : a_2 + \ldots$$

est lui-même quasi-périodique; on peut lui appliquer ce qui précède.

Les résultats ci-dessus seront exposés ailleurs plus en détail.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence en moyenne.* Note [1] de M. **Ernst Fischer**, présentée par M. Émile Picard.

Le 11 mars, M. Riesz a présenté à l'Académie une Note sur les systèmes orthogonaux de fonctions (*Comptes rendus*, 18 mars 1907). J'étais arrivé au même résultat et je l'ai démontré dans une conférence faite à la Société mathématique à Brünn, déjà le 5 mars. Ainsi mon indépendance est évidente, mais la priorité de la publication revient à M. Riesz. Je me permets

---

$a_0 + 1 : a_1 + 1 : a_2 + \ldots$ unique, caractéristique du nombre J, et qui ne peut être illimité que si J est irrationnel.

(1) Présentée dans la séance du 29 avril 1907.

de donner ici ma démonstration, différente de celle de M. Riesz : pour moi le théorème est un cas particulier d'un théorème général sur la convergence en moyenne des séries.

Soit Ω l'ensemble des fonctions réelles f d'une variable réelle x telles que f et f^2 soient sommables (LEBESGUE, *Leçons sur l'intégration*, p. 115) dans un intervalle fini (a, b). Le produit $\varphi\psi$ de deux fonctions de Ω est toujours sommable et l'on a

$$(1) \qquad \left(\int_a^b \varphi\psi\, dx\right)^2 \leq \int_a^b \varphi^2\, dx \int_a^b \psi^2\, dx,$$

relation connue que l'on peut aussi écrire

$$(2) \qquad \left[\int_a^b (\varphi+\psi)^2\, dx\right]^{\frac{1}{2}} \leq \left(\int_a^b \varphi^2\, dx\right)^{\frac{1}{2}} + \left(\int_a^b \psi^2\, dx\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Définitions. — I. Une suite $f_1, f_2, \ldots$ de fonctions appartenant à Ω est dite *convergente en moyenne* si l'on a

$$\lim_{m,n=\infty} \int_a^b (f_m - f_n)^2\, dx = 0.$$

II. Elle *converge en moyenne vers une fonction* f de Ω si l'on a

$$\lim_{n=\infty} \int_a^b (f - f_n)^2\, dx = 0;$$

nous écrirons alors l'« équivalence » $\lim f_n \sim f$, ce qui n'implique pas l'existence d'une limite au sens ordinaire du mot. Chaque fonction de Ω ne différant de f que sur un ensemble de points de mesure nulle (p. 106, *loc. cit.*) (nous appelons de telles fonctions $\sim f$ ou « *essentiellement* égales » à f) jouit de la même propriété relative à la suite f_n, et inversement.

THÉORÈME. — *Si une suite de fonctions appartenant à Ω converge en moyenne, il existe dans Ω une fonction f vers laquelle elle converge en moyenne.*

Démonstration. — Soit $f_1, f_2, \ldots$ une suite de fonctions de Ω qui converge en moyenne. D'après (1) et (2) les limites

$$\lim_{n=\infty} \int_a^x f_n\, dx = \mathrm{F}(x), \qquad \lim_{n=\infty} \int_a^x f_n^2\, dx = \Theta(x)$$

existent et définissent des fonctions continues. $\Theta(x)$ est monotone; nous montrerons

que $F(x)$ est à variation bornée et que, de plus,

$$(3) \qquad \lim \Sigma |F(x_n+h_n)-F(x_n)| = 0 \quad \text{pour} \quad \lim \Sigma h_n = 0.$$

en désignant par les (x_n, x_n+h_n) un système fini d'intervalles situés dans (a, b) et sans points intérieurs communs $(n=1, 2, \ldots; h_n>0)$. En effet, d'après (1), on a

$$(4) \qquad [F(x+h)-F(x)]^2 \leqq h[\theta(x+h)-\theta(x)] \quad \text{pour} \quad h>0,$$

d'où, en posant $h_n = u_n^2$, $\theta(x_n+h_n)-\theta(x_n) = v_n^2$,

$$[\Sigma |F(x_n+h_n)-F(x_n)|]^2 \leqq (\Sigma u_n v_n)^2 \leqq \Sigma u_n^2 \Sigma v_n^2 \leqq \Sigma h_n . \theta(b).$$

Soit $f(x)$ le nombre dérivé supérieur à droite de $F(x)$ pour tous les points sur lesquels ce nombre est fini, $f(x)=0$ pour les autres points (ensemble de mesure nulle). $f(x)$ et $\mathfrak{F}(x)$, déduite de la même manière de $\theta(x)$, seront sommables (voir Lebesgue), et, puisque, en vertu de (4) $f^2 = \mathfrak{F}$ (sauf pour un ensemble de mesure nulle), f^2 est sommable, f dans Ω. Or (3) nous assure (*loc. cit.*, p. 123) que

$$\int_a^x f\,dx = F(x) \qquad \text{ou} \qquad \lim_{n=\infty} \int_a^x f_n\,dx = \int_a^x f\,dx,$$

et certaines transformations, simples mais importantes, des définitions I, II montrent que f_n converge en moyenne vers f.

Soit dans Ω un ensemble dénombrable $\varphi_1(x)$, $\varphi_2(x)$, ..., et soit

$$\int_a^b \varphi_m \varphi_n\,dx = 0 \qquad \text{pour} \qquad m \neq n, \qquad \int_a^b \varphi_n^2\,dx = 1.$$

Si la série à termes constants non négatifs $a_1^2 + a_2^2 + \ldots$ converge, $a_1\varphi_1 + a_2\varphi_2 + \ldots$ convergera en moyenne, et le théorème démontré prouve l'existence d'une fonction φ de Ω essentiellement déterminée, pour laquelle

$$\varphi(x) \sim a_1\varphi_1(x) + a_2\varphi_2(x) + \ldots.$$

Or, d'après (1), on peut calculer les a_n par la méthode classique, donc

$$(5) \qquad a_n = \int_a^b \varphi\varphi_n\,dx,$$

le théorème énoncé déjà par M. Riesz est démontré.

Parmi les solutions φ de (5) nous avons signalé une *solution principale*, ce qui est important pour certaines applications; pour la recherche des autres solutions, on se servira d'une autre application de notre théorème général : que l'on peut toujours adjoindre $\psi_1, \psi_2, \ldots$ telles que $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \psi_1, \psi_2, \ldots$ soit un ensemble *complet*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Méthode générale pour la résolution du problème de Dirichlet*. Note de M. S. BERNSTEIN, présentée par M. Émile Picard.

1. En publiant en langue russe un Mémoire étendu sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du type elliptique, je me permets de résumer ici quelques résultats nouveaux que j'ai obtenus.

Je mentionnerai d'abord que les séries *normales* qui jouent un rôle considérable dans mes recherches peuvent être également employées pour représenter les fonctions dites *arbitraires*.

Toute fonction admettant une dérivée première finie est développable en série normale (*absolument et uniformément convergente*). Supposons pour fixer les idées $f(1) = f(0) = f'(1) = f'(0) = 0$, on aura sur le segment O1

$$f(x) = \sum_p^\infty \sum_q^\infty A_{p,q} x^p (1 - x^2)^q \qquad (p + q \geqq 2),$$

où $A_{p,q}$ est donnée par la formule

$$A_{p,q} = \frac{1.3\ldots[2(p+q)-3]}{p!\,q!\,2^{q+1}} \int_0^1 f'(\alpha)\, d\frac{\alpha^p}{(1+\alpha^2)^{p+q-\frac{1}{2}}}.$$

2. Mais j'ai hâte de passer au problème de l'intégration des équations du type elliptique. On sait que, d'après la méthode paramétrique, toute la difficulté de ce problème, lorsqu'on se donne les conditions aux limites dites *de Dirichlet*, est de pouvoir limiter *a priori* les dérivées successives jusqu'à un certain ordre de la solution (dont on admet l'existence) au moyen des données sur le contour. Dans notre étude actuelle nous supposons la solution elle-même donnée sur le contour, pourtant, les mêmes principes s'appliquant dans les cas les plus généraux, nous croyons utile d'indiquer les trois principes qui donnent un moyen uniforme pour la limitation des dérivées successives :

Bornons-nous, pour fixer les idées, à l'équation

$$(1) \qquad Ar + 2Bs + Ct = D \qquad (AC - B^2 = 1),$$

où A, B, C, D sont des fonctions analytiques de x, y, p, q $\left(\text{D peut contenir également } z \text{ avec la condition } \frac{\partial D}{\partial z} \geqq 0\right)$.

Premier principe. — *Si, à l'intérieur d'une certaine région* S, *la solution* z (*supposée régulière*), *ainsi que ses dérivées* p *et* q, *est inférieure à un nombre fixe* M, *il est possible de fixer un nombre* M_n *tel que les dérivées de* z, *d'ordre inférieur à* n, *soient toutes inférieures à* M_n *en un point quelconque d'une région déterminée quelconque* Σ *intérieure à* S.

Ce principe indépendant des données sur le contour est une conséquence de considérations analogues à celles que j'ai employées dans ma thèse pour prouver la nature analytique de la solution; il n'y a que cette différence : à la place des *normes constantes* j'introduis des *normes variables* qui deviennent en général *infinies* sur le contour; je les appelle, pour certaines raisons, *normes harmoniques*.

Deuxième principe. — *Si, dans l'équation* (1), *on ne suppose même pas les fonctions* A, B, C, D *dérivables; mais, si l'on admet que, pour* p *et* q *infinis,* D *ne croît pas plus vite que les carrés de* p *et* q, *on peut limiter* p *et* q *sur le contour* (*supposé circulaire*) *dans le cas où la solution* z *considérée comme fonction de l'arc* θ *sur ce contour admet des dérivées des deux premiers ordres* $\frac{\partial z}{\partial \theta}$ *et* $\frac{\partial^2 z}{\partial \theta^2}$.

Ce nouveau principe doit, naturellement, être convenablement modifié dans le cas où les données sur le contour sont différentes. Sa démonstration, comme celle du troisième principe, repose sur un changement de fonctions qui permet de modifier à volonté le signe du second membre. En différentiant l'équation (1) par rapport à θ et en formant l'équation en $z_1 = \frac{\partial z}{\partial \theta}$, nous nous trouvons précisément dans les conditions exigées par le deuxième principe [pourvu qu'on tienne compte du premier principe et que l'on admette que p et q soient finies, ce qui aura lieu en particulier si, dans l'équation (1), qu'on intègre, D ne croît pas plus vite que p^2 et q^2].

Troisième principe. — *En conservant les hypothèses précédentes, mais en admettant en outre l'existence des dérivées premières de* A, B, C, D, *on peut former une fonction* $w = \lambda(p^2 + q^2)$, *où* λ *est une certaine fonction positive de* z (*qu'il est inutile d'écrire*) *telle que* w *ne peut pas avoir de maximum supérieur à un nombre fixe.*

L'application de ce principe est indépendante des données sur le contour. Il peut être appliqué à l'équation à laquelle satisfait p.

En différentiant successivement on rencontre toujours des équations auxquelles s'appliquent les deux derniers principes.

Nous arrivons donc en particulier à cette conséquence :

Le problème de Dirichlet est possible pour l'équation (1) *pourvu que* D *ne croisse pas plus vite que* $p^2 + q^2$.

Telle est par exemple l'équation

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} = \text{const.} \quad \text{ou} \quad \frac{(1+q^2)r - 2pqs + (1+p^2)t}{\sqrt{1+p^2+q^2}} = \text{const.}\,(1+p^2+q^2).$$

Je n'insiste pas sur la nature du contour et de la valeur de la fonction sur le contour, ainsi que sur la nature des coefficients A, B, C, D.

Je remarquerai seulement qu'on passe du cas analytique aux cas non analytiques au moyen des mêmes principes par l'application du théorème de Weierstrass.

Il n'est pas sans intérêt de constater d'ailleurs que le problème de Dirichlet pour l'équation de Laplace dans une aire quelconque (non circulaire) peut être également résolu par la méthode paramétrique.

NOMOGRAPHIE. — *Sur la représentation des équations d'ordre nomographique 4 à 3 et 4 variables.* Note de M. **Maurice d'Ocagne**, présentée par M. G. Humbert.

M. Soreau, après avoir remarqué que toute équation d'ordre nomographique 4 à 4 variables z_1, z_2, $z_{1'}$, $z_{2'}$ pouvait toujours se mettre sous la forme

$$(1) \qquad f_1 f_2 f_3 f_4 + \Sigma \beta_{ij} f_i f_j + \Sigma \gamma_i f_i + \delta = 0,$$

avait trouvé, pour que l'équation fût représentable par double alignement, les conditions nécessaires

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{\beta_{13}}{\beta_{23}} = \frac{\beta_{14}}{\beta_{24}},$$

$$\frac{\gamma_3}{\gamma_4} = \frac{\beta_{13}}{\beta_{14}} = \frac{\beta_{23}}{\beta_{24}}.$$

M. Clark, après avoir remarqué que ces conditions, pouvant s'écrire

$$\frac{\gamma_1\gamma_3}{\beta_{13}} = \frac{\gamma_1\gamma_4}{\beta_{14}} = \frac{\gamma_2\gamma_3}{\beta_{23}} = \frac{\gamma_2\gamma_4}{\beta_{24}},$$

se réduisaient à trois, y a ajouté celle-ci : que la valeur commune de ces rapports doit être égale à

$$k = \delta - \beta_{12}\beta_{34},$$

moyennant quoi les conditions sont non seulement nécessaires, mais suffisantes, car l'équation (1) peut alors s'écrire

$$\frac{f_1 f_2 + \beta_{34}}{\gamma_1 f_1 + \gamma_2 f_2 + k} = - \frac{\gamma_3 f_3 + \gamma_4 f_4 + k}{k f_3 f_4 + k \beta_{12}}.$$

Partant de là, M. Soreau a fait cette ingénieuse remarque que l'on pouvait, en appelant f la valeur commune de ces deux rapports, représenter chacune des équations

$$(2) \qquad \gamma_2 f_2 f + \gamma_1 f f_1 - f_1 f_2 + k f - \beta_{34} = 0,$$
$$(3) \qquad k f_3 f_4 f + \gamma_3 f_3 + \gamma_4 f_4 + k \beta f + k = 0,$$

par un nomogramme conique en faisant coïncider à la fois les supports coniques et rectilignes de chacun d'eux. Soient **C** le support conique unique, **D** le support rectiligne qui coupe **C** en I et J.

Dans le cas général, l'échelle f de chaque nomogramme partiel aura **D** pour support, mais *ces échelles seront distinctes*, à un même point de **D** correspondront des cotes différentes pour l'une et pour l'autre.

Pour que ces échelles soient identiques, il faut et il suffit qu'elles aient même cote en deux points quelconques de **D**, par exemple en I et J. Or, ces cotes, ce sont les valeurs critiques de f correspondant d'une part à l'équation (2), de l'autre à l'équation (3).

D'après le résultat que nous avons précédemment obtenu [1], ces valeurs critiques sont données respectivement par

$$\gamma_1 \gamma_2 \sigma^2 + k\sigma - \beta_{34} = 0$$

et

$$k^2 \beta_{12} \sigma^2 + k^2 \sigma - \gamma_3 \gamma_4 = 0.$$

Les conditions de coïncidence des deux échelles sont donc

$$\frac{\gamma_1 \gamma_2}{k^2 \beta_{12}} = \frac{1}{k} = \frac{\beta_{34}}{\gamma_3 \gamma_4}$$

ou

$$\frac{\gamma_1 \gamma_2}{\beta_{12}} = \frac{\gamma_3 \gamma_4}{\beta_{34}} = k.$$

Ce sont bien celles auxquelles M. Soreau était parvenu par une voie purement algébrique.

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1er semestre 1907, p. 190.

En résumé, les conditions nécessaires et suffisantes pour que l'équation (1) soit représentable par double alignement au moyen de quatre échelles (z_1), (z_2), (z_3), (z_4) portées par une même conique **C** (la droite **D** formant la ligne des pivots ou charnière) sont :

$$\frac{\gamma_1\gamma_3}{\beta_{13}} = \frac{\gamma_1\gamma_4}{\beta_{14}} = \frac{\gamma_2\gamma_3}{\beta_{23}} = \frac{\gamma_2\gamma_4}{\beta_{24}} = \frac{\gamma_1\gamma_2}{\beta_{12}} = \frac{\gamma_3\gamma_4}{\beta_{34}} = \delta - \beta_{12}\beta_{34}.$$

Il suffit maintenant de rejeter, par homographie, la droite **D** à l'infini, de façon que les points I et J viennent en coïncidence avec les ombilics du plan, pour que : 1° le support unique des quatre échelles devienne un cercle; 2° les alignements (z_1, z_2), (z_3, z_4) par lesquels se fait la lecture du nomogramme deviennent parallèles. On retrouve ainsi le type du nomogramme circulaire à alignements parallèles de M. Soreau.

Nous ferons enfin remarquer que la notion des valeurs critiques rend à peu près intuitif le théorème de M. Clark sur la possibilité de réduire à un nomogramme de genre 1 une équation d'ordre nomographique 4 à 3 variables. En effet, une telle équation peut toujours s'écrire

$$f_3(a_0f_1f_2 + a_1f_1 + a_2f_2 + a_3) + g_3(b_0f_1f_2 + b_1f_1 + b_2f_2 + b_3) \\ + h_3(c_0f_1f_2 + c_1f_1 + c_2f_2 + c_3) = 0.$$

Si le nomogramme qui la représente comporte deux échelles rectilignes, les valeurs de f_1 et f_2 correspondant à leur point de rencontre seront critiques, autrement dit, ces valeurs devront annuler les coefficients de f_3, g_3, h_3. Il y aura donc une condition requise pour leur existence, savoir que le résultant, fourni par l'élimination de f_1 et f_2 entre les trois équations ainsi obtenues, soit identiquement nul.

Or, il est bien facile de former ce résultant par un procédé qui nous a déjà servi plusieurs fois dans notre *Traité de Nomographie* (p. 113 et 236). Si l'on représente par D le déterminant

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix}$$

et par D_i ce que devient ce déterminant lorsqu'on y remplace a_i, b_i, c_i par a_0, b_0, c_0, ce résultant s'écrit

$$DD_3 - D_1D_2 = 0.$$

C'est précisément la condition à laquelle M. Clark est parvenu par une voie bien plus laborieuse.

MÉCANIQUE. — *Sur la résistance de l'air au mouvement des corps.* Note (1) de M. **Canovetti**, présentée par M. Maurice Levy.

Mes précédentes expériences sur la résistance de l'air ont été poussées jusqu'à des vitesses de 30^m à 32^m, mais avec des surfaces de résistance ne dépassant pas $2^{m^2},35$. Depuis, me servant d'un chemin de fer funiculaire à la pente de 55 pour 100, j'ai pu faire manœuvrer jusqu'à 3^{m^2} à des vitesses de 5^m à 16^m à la seconde. En groupant graphiquement les résultats de ces expériences que je poursuis depuis 1898, on trouve que, sauf pour les surfaces de plus de 6^{m^2}, qui éprouvent une résistance un peu moindre, la loi qui représente le mieux l'ensemble des résultats est :

$$R = 0,0324\,V^2 + 0,432\,V;$$

les coefficients sont ceux réduits à 760^{mm} et à 10°, car les dernières expériences ont été obtenues à plus de 500^m d'altitude pour laquelle la formule est $N = 0,03\,V^2 + 0,4\,V$.

Quant aux surfaces avec angle d'incidence, la loi du sinus donne des résultats notablement supérieurs à ceux de l'expérience. Comme la résistance normale varie avec la vitesse, il est plus simple d'exprimer le rapport de la résistance oblique R' à la normale R en prenant les valeurs du sinus comme abscisses. La courbe de ce rapport est comme une chaînette en dessous de la droite oblique qui représente la loi du sinus. Pour la valeur nulle du sinus la chaînette ne passe pas par le point d'ordonnée nulle, la différence est due au frottement de l'air et à l'épaisseur du plan. Pour ce frottement j'ai trouvé le coefficient 0,00012 sur chaque face en le supposant proportionnel au carré de la vitesse.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Vitesses de détonation des explosifs.* Note de M. **Dautriche**, présentée par M. Vieille.

Nous avons appliqué à l'étude de divers explosifs une méthode précédemment donnée (2) pour la mesure des vitesses de détonation ; une légère

---

(1) Présentée dans la séance du 6 mai 1907.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 641.

modification a permis de supprimer les tubes compensateurs de retards et, dans certains cas, on a pu réduire à quelques centimètres la longueur des cartouches expérimentées; on a utilisé daus ces essais un lot de cordeau détonant, très régulier, accusant au chronographe Schülz une vitesse de 6880^m par seconde. D'autre part, connaissant les vitesses de détonation, on a pu étudier la signification des mesures empiriques de la brisance basées sur la détermination des écrasements ou des évasements de blocs de plomb. La présente Note a pour objet de communiquer les résultats obtenus jusqu'ici.

Variation des vitesses de détonation avec la densité. — Lorsqu'on comprime un explosif sous des densités croissantes, la vitesse de détonation augmente d'abord, passe par un maximum pour une densité Δ', puis diminue pour des valeurs de la densité supérieures à Δ'. La partie descendante de la courbe présente une allure asymptotique.

Cette loi a été vérifiée pour diverses cheddites à base de chlorate de potasse, de chlorate de soude ou de perchlorate d'ammoniaque, pour la grisounite Favier (nitrate d'ammoniaque et trinitronaphtaline), pour la grisoutine couche (nitrate d'ammoniaque et nitroglycérine) et pour la dynamite n° 1 (nitroglycérine et gühr).

Les vitesses trouvées pour la dynamite n° 1 (nitroglycérine et gühr) dans des tubes de zinc de 20^{mm} de diamètre et 10^{cm} environ de longueur utile, sont les suivantes :

Δ......	0,63	0,79	0,85	1,34	1,54	1,62	1,69	1,71	1,74
V.....	1991^m	2397^m	2563^m	3670^m	5230^m	6794^m	4207^m	2460^m	raté

Les explosifs difficilement compressibles, tels que le coton-poudre et l'acide picrique, donnent, surtout aux faibles densités, les plus grandes vitesses de détonation.

Culots en trous de mine. — Dans la partie montante de la courbe (V, Δ), la sensibilité, définie par le poids de fulminate du détonateur nécessaire pour faire détoner une cartouche, est sensiblement constante; au contraire, la sensibilité diminue très rapidement dans la partie descendante de la courbe. Les vitesses de détonations sont d'ailleurs les mêmes à l'air libre et dans le sol; de sorte qu'en trou de mine, pour des densités d'explosif supérieures à Δ', il est nécessaire de renforcer les amorçages si l'on veut éviter les détonations incomplètes. La détermination de la courbe (V, Δ) donne ainsi la région des culots en trous de mine.

Vitesse de propagation des discontinuités produites par la détonation de cartouches explosives. — On a mesuré la vitesse des ébranlements communiqués à l'air par la détonation de cartouches explosives.

Pour une cartouche de 100^g de dynamite n° 1 ($d = 24^{mm}$, $\Delta = 1,66$, $V = 7000^m$ environ), on a trouvé une vitesse moyenne de 3000^m, soit 9 fois la vitesse du son, sur les cinq premiers centimètres comptés normalement à la surface de la cartouche. Pour une cartouche de 100^g de cheddite ($d = 30^{mm}$, $\Delta = 1,30$, $V = 3000^m$ environ), on a trouvé, dans les mêmes conditions, une vitesse moyenne de 950^m.

Mesure de la brisance par les écrasements de blocs de plomb. — On a mesuré les écrasements produits par 20^g de divers explosifs détonant au contact de cylindres de plomb de 36^{mm} de diamètre et 72^{mm} de hauteur.

Avec la dynamite n° 1, sous diverses densités, on a obtenu les résultats suivants :

Δ.....	0,78	0,88	0,99	1,12	1,17	1,55	1,68	1,8
E.....	10^{mm}	11,5	11,5	15,5	16	17	19	12

Les vitesses de détonation variant comme 1 et 3, les écrasements ont varié comme 1 et 2. Mais il faut remarquer que la concavité de la courbe (E, Δ) est constamment tournée vers les E négatifs alors que celle de la courbe (V, Δ) est, dans la partie ascendante, dirigée vers les V positifs. La vitesse de détonation n'apparaît donc pas comme la variable unique du phénomène et l'abaissement du centre de gravité de la charge est une cause importante de l'accroissement des E avec les densités; la petitesse des écrasements, aux fortes densités, peut être partiellement due à des détonations incomplètes.

Au point de vue pratique, il importe de remarquer que la connaissance d'une seule valeur de E peut donner une idée très erronée de la brisance de l'explosif.

Mesure de la brisance par les évasements de blocs de plomb. — Les évasements produits dans des blocs de plomb de 70^{kg} ou 150^{kg} par 10^g d'explosif détonant sous bourrage au sable ou à l'eau (blocs de Trauzl ou d'Abel) sont presque indépendants de la densité de l'explosif et par suite de la vitesse de détonation.

PHYSIQUE. — *Sur les changements des bandes d'absorption des cristaux et la loi de variation de l'amortissement du mouvement des électrons absorbants à diverses températures.* Note de M. **Jean Becquerel**.

On sait que les bandes d'absorption des cristaux gardent dans le spectre une position fixe, mais présentent un changement d'aspect lorsque la température varie; elles deviennent faibles et floues si l'on chauffe le corps, et

au contraire prennent aux très basses températures une netteté et une intensité remarquables ([1]).

Il m'a paru important de rechercher la loi de ces variations en exceptant toutefois certaines bandes qui s'affaiblissent aux basses températures et ont peut-être une autre origine que les précédentes.

La théorie de la dispersion ([2]) conduit à l'expression suivante donnant l'indice de réfraction n en fonction de la période $2\pi\vartheta$:

$$n^2(1-\varkappa^2) = 1 + \sum \frac{\varepsilon_h \vartheta^2(\vartheta^2 - \vartheta_{0h}^2)}{(\vartheta^2 - \vartheta_{0h}^2)^2 + \vartheta^2\vartheta_h'^2};$$

$\varkappa$ est le coefficient d'absorption, $2\pi\vartheta_{0h}$ la période correspondant au milieu de l'une des bandes h, ε_h est un paramètre qui dépend de la substance et de la bande h, enfin ϑ' est un paramètre proportionnel à l'amortissement du mouvement des électrons donnant naissance à la bande h.

La formule précédente, qui donne aux environs de chaque bande la courbe de dispersion anomale, montre que, si la bande h est suffisamment isolée, la quantité $2\pi\vartheta_h'$ est la différence des périodes des deux vibrations pour lesquelles l'indice est maximum et minimum. L'étude de la dispersion anomale permet donc de mesurer l'amortissement.

La biréfringence anomale d'un cristal aux environs des bandes d'absorption peut être étudiée par la méthode suivante : une lame taillée parallèlement à deux des directions principales du cristal est orientée, entre deux nicols croisés à 45° de l'horizontale, de manière que ces directions soient parallèles à celles d'un compensateur de Babinet placé contre la fente d'un spectroscope, la frange centrale étant normale à la fente. On observe alors dans le spectre, au lieu des franges de Fizeau et Foucault, des lignes obliques qui sont fortement disloquées en traversant les bandes. Si une bande n'existe que dans l'un des deux spectres principaux, la dislocation de la frange dessine la courbe de dispersion anomale, et l'on observe aisément le maximum et le minimum de l'indice.

Les mesures du rapport des valeurs de l'amortissement ϑ' à la température du laboratoire (environ 20°) et à la température de l'air liquide (— 186°) ont été faites par cette méthode pour quelques bandes de la tysonite qui m'ont paru dans les conditions les plus favorables; étant suffisamment séparées des voisines, restant uniques aux basses

---

([1]) JEAN BECQUEREL, *Comptes rendus*, 25 février 1907.

([2]) W. VOIGT, *Wied. Ann.*, t. VI, 1899, p. 346.

températures, et étant considérablement plus intenses dans l'un des spectres que dans l'autre. Les résultats obtenus sont les suivants :

λ.....	$479^{\mu\mu},1$ (sp. extr.)	$517^{\mu\mu},6$ (sp. ord.)	$523^{\mu\mu},4$ (sp. ord.)	$582^{\mu\mu},5$ (sp. ord.)
$\frac{\vartheta'_{20°}}{\vartheta'_{-186°}}$.	1,83 (moy. 10 mes.)	1,84 (10 mes.)	1,83 (10 mes.)	1,85 (15 mes.)
	±0,04	±0,03	±0,06	±0,03

La méthode précédente est difficilement applicable aux cristaux de xénotime; en effet, la plupart des bandes ne sont pas suffisamment isolées et elles sont toutes trop fines pour que les largeurs ϑ' puissent être évaluées avec précision. J'ai donc employé une autre méthode basée sur l'observation des phénomènes magnéto-optiques.

Le faisceau lumineux étant normal aux lignes de force d'un champ magnétique et l'axe optique du cristal parallèle au champ, les bandes du spectre ordinaire s'élargissent dans un champ faible et, pour une intensité suffisante, se séparent en deux composantes symétriques. On peut évaluer approximativement les intensités du champ pour lesquelles se produit cette séparation à deux températures différentes, et il résulte de la théorie que le rapport de ces intensités est égal au rapport des amortissements ϑ' (1). Les résultats ont été les suivants :

Xénotime	λ	521,1	656,4	657,3
»	$\frac{\vartheta'_{20°}}{\vartheta'_{-186°}}$	1,8	1,75	1,75

(La bande 657,3 appartient au spectre extraordinaire et pour la vibration parallèle au champ donne également un doublet symétrique).

Il est très remarquable de constater que toutes ces mesures conduisent, pour le rapport des amortissements, à un nombre très voisin du rapport 1,83 des racines carrées des températures absolues.

D'autres mesures, faites avec une lame de tysonite, entre la température ordinaire et la température donnée par un mélange d'acide carbonique solide et d'éther, ont donné comme rapport des amortissements environ 1,2 pour la bande $523^{\mu\mu},4$ et 1,25 pour la bande $580^{\mu\mu}$; la température du laboratoire étant 19° et celle du mélange d'acide carbonique et d'éther −82°, le rapport des racines carrées des températures absolues est 1,24.

Enfin, en plongeant une lame de tysonite successivement dans l'eau

---

(1) JEAN BECQUEREL, *Comptes rendus*, 19 nov. et 3 déc. 1906, et *Radium*, mars 1907.

chaude et dans l'air liquide, j'ai obtenu les résultats suivants :

Tysonite : λ.........	$517^{\mu\mu},6$		$523^{\mu\mu},4$		$582^{\mu\mu},5$	
Rapport des amortissements...........	1,94 ±0,07	(entre 58° et −186°)	2,12 ±0,15	(entre 69° et −186°)	1,97 ±0,03	(entre 60° et −186°)
Rapport des racines carrées des temp. abs..	1,95		1,982		1,956	

Nous sommes donc conduits à la loi suivante :

L'amortissement du mouvement vibratoire des électrons absorbant la lumière est sensiblement proportionnel à la racine carrée de la température absolue.

Si l'on rapproche cette loi des considérations qui, dans la théorie cinétique des gaz, étendue aux autres états de la matière, établissent la relation entre la température absolue et la vitesse moyenne de l'agitation thermique, on voit quel intérêt se rattache aux expériences qui précèdent.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la théorie de Nernst et la mesure des différences de potentiel au contact de deux solutions d'électrolytes.* Note de M. J. **Guyot**, présentée par M. Lippmann.

I. Si l'on admet la théorie de la pression de dissolution développée par Nernst, on sait que, pour une pile formée de deux solutions L_1, L_2 d'électrolytes qui ont un ion commun (l'anion pour fixer les idées), dans lesquelles plongent deux électrodes de mercure recouvert de sel mercureux pouvant donner naissance au même anion, la somme des différences de potentiel au contact des électrodes est donnée par la formule

$$e = \frac{RT}{\varepsilon p} \log \frac{\varpi_1}{\varpi_2}, \qquad (1)$$

où ϖ_1 et ϖ_2 désignent les pressions osmotiques de l'anion dans chacune des solutions. Il en résulte que la force électromotrice de la pile est

$$E = \frac{RT}{\varepsilon p} \log \frac{\varpi_1}{\varpi_2} + L_1 | L_2.$$

Avec des solutions également concentrées par rapport à l'anion, on a

$$\varpi_1 = \varpi_2,$$

par suite

$$e = 0 \quad \text{et} \quad E = L_1 | L_2.$$

Donc, si la formule (1) est exacte, il en résulte une méthode très pratique de mesure des différences de potentiel entre électrolytes de même concentrations moléculaires et de même anion. Nous l'avons appliquée à un certain nombre de couples d'électrolytes à anion bivalent et cation univalent.

Les résultats sont indiqués dans le Tableau suivant :

I. Couples.	II. Température.	III. E observé.	IV. $L_1 \mid L_2$ calculé.	V. E calculé.
	°	volt	volt	volt
$\frac{1}{10}SO^4H^2 \mid \frac{1}{10}SO^4Li^2$....	10	0,0293	0,0324	0,0281
$\frac{1}{10}SO^4H^2 \mid \frac{1}{10}SO^4Na^2$...	10	0,0258	0,0313	0,0263
$\frac{1}{10}SO^4H^2 \mid \frac{1}{10}SO^4K^2$....	10	0,0234	0,0268	0,0214
$\frac{1}{10}SO^4Li^2 \mid \frac{1}{10}SO^4Na^2$...	10	—0,0026	—0,0022	—0,0022
$\frac{1}{10}SO^4Li^2 \mid \frac{1}{10}SO^4K^2$....	10	—0,0062	—0,0063	—0,0063
$\frac{1}{10}SO^4Na^2 \mid \frac{1}{10}SO^4K^2$....	10	—0,0041	—0,0041	—0,0041

Les résultats des colonnes III et IV présentent une différence notable en ce qui concerne les trois premiers couples. Mais, si l'on tient compte de ce que le rapport δ du nombre de molécules dissociées au nombre total des molécules n'a pas la même valeur dans la solution sulfurique et dans la solution sulfatée ($\delta_{\frac{1}{10}SO^4H^2} = 0,56$, $\delta_{\frac{1}{10}\text{sulfate}} = 0,70$), et si l'on fait alors intervenir les concentrations en ions, le calcul donne pour la force électromotrice des trois piles les valeurs indiquées dans la colonne V, assez peu différentes, comme on le voit, des forces électromotrices observées.

II. Sur ce point nous nous trouvons en désaccord avec M. Negbaur, qui donne les résultats suivants en ce qui concerne quelques différences de potentiel du contact à 18° :

	E observé.	E calculé.
	v	v
$SO^4H^2 \mid SO^4Na^2$..............	0,0155	0,0152
$SO^4H^2 \mid SO^4Zn$..............	0,0152	0,0162
$SO^4H^2 \mid SO^4Cu$..............	0,0145	0,0162
$SO^4H^2 \mid SO^4Mg$..............	0,0180	0,0156

Negbaur paraît avoir étendu simplement la formule

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{RT}{\varepsilon p} \log \frac{u_1 + v_2}{u_2 + v_1}$$

établie par Planck pour les électrolytes binaires formés d'ions de même valence p, au cas d'électrolytes quelconques, ce qui ne semble pas correct dans le cas général. Nous

sommes au contraire parti des équations différentielles de Nernst, en faisant dans ces équations les hypothèses particulières aux cas examinés sur les valences des ions, faute desquelles les équations ne paraissent pas susceptibles d'être intégrées en général. Notamment, le calcul ne semble pas possible dans le cas du couple $SO^4H^2 \mid SO^4Zn$, et des deux derniers couples étudiés par Negbaur. Le premier couple étudié par lui l'a conduit à une différence de potentiel assez notablement différente de celle à laquelle nous ont conduit nos observations, d'accord avec un calcul, ce qui nous semble montrer l'intérêt qu'il y a à reprendre systématiquement l'étude des différences de potentiel entre électrolytes dans le cas d'électrolytes à ions plurivalents.

PHYSIQUE. — *Sur les deux modes de détente employés dans la liquéfaction de l'air.* Note (¹) de M. **Georges Claude**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai constaté souvent combien sont généralement mal comprises les profondes différences qui séparent les deux modes classiques de détente employés pour la liquéfaction de l'air. J'ai l'honneur, à ce sujet, de présenter à l'Académie quelques considérations qui ne seront peut-être pas inutiles, si élémentaires et si évidentes même qu'elles puissent paraître.

On sait que le froid produit par la détente trouve sa source dans le travail effectué pendant cette détente. Pourtant, la quantité de froid produite n'est presque jamais équivalente au travail effectué : c'est que le seul travail qui puisse se traduire par du froid est évidemment celui que l'air comprimé accomplit avec ses seules ressources, et qu'une partie du travail effectué échappe en général à cette origine.

Imaginons d'abord que nous opérons la détente de l'air dans le cylindre d'une machine analogue à une machine à vapeur. Le travail de pleine pression est PV : ce travail, l'air comprimé *n'a pas* à le fournir sur ses propres ressources, puisque, pendant toute cette période, il reste toujours identique à lui-même, toujours comprimé à la même pression. Ce travail, effectivement, est fourni par le compresseur même, par l'intermédiaire du piston gazeux de la canalisation, qui se comporte, pendant cette période, comme un piston rigide. Ce travail de pleine pression PV, tout entier créé aux dépens d'une énergie étrangère à celle de l'air même en jeu, ne peut évidemment se traduire par du froid : seul compte pour le refroidissement le travail de détente proprement dit, $\int p\,dv$, celui que l'air accomplit en dehors de toute intervention étrangère, dès que l'orifice d'admission est fermé.

Soit maintenant la détente d'un *gaz parfait*, de P à p, par simple écou-

(¹) Présentée dans la séance du 6 mai 1907.

lement continu et supposé sans vitesse sensible. La cause de travail unique est, dans ce cas, le refoulement que le gaz qui se détend effectue contre l'atmosphère p de l'enceinte de détente. Or, le mode de discussion classique de l'expérience de Joule-Thomson montre qu'ici ce travail de refoulement, $\int p dv = p \int dv = pv$, ne doit se traduire *par aucun refroidissement*. C'est que ce travail de refoulement pv absorbe exactement l'énergie PV, ici encore directement et obligatoirement transmise par le compresseur jusqu'à l'orifice de détente, et l'on démontre effectivement que $pv = \mathrm{PV}$. Ainsi, ce travail de refoulement d'un gaz parfait équivaut exactement à son travail à pleine pression dans notre cylindre de tout à l'heure.

Mais, en pratique, l'air n'est pas un gaz parfait. Comme conséquence, $pv > \mathrm{PV}$.

De plus, un certain travail interne w doit être accompli par l'air lors de l'augmentation de volume. Donc, *a fortiori*, $pv + w > \mathrm{PV}$: le travail développé est supérieur à l'énergie fournie, et un refroidissement se produit, qui donne justement la mesure de cet excès ([1]). Ainsi :

1° Dans la détente de l'air avec travail extérieur récupérable, le travail à pleine pression absorbe intégralement (en théorie) l'énergie PV directement transmise. Le travail de détente considérable $\int p\,dv$ reste *tout entier disponible* pour la production du froid, ainsi qu'un travail interne très faible dans les conditions où l'on opère en général ici.

De plus, l'énergie mécanique développée est récupérable : cette récupération peut atteindre en pratique 15 à 20 pour 100 avec de bonnes machines.

Ces divers facteurs expliquent que des pressions de 40^{atm} suffisent pour procurer, avec les artifices que j'ai signalés ([2]), des rendements dépassant $0^{\mathrm{l}},9$ d'air liquide par cheval-heure pour des puissances de 75 chevaux.

2° Dans la détente par simple écoulement, le travail de refoulement correspond au travail de pleine pression de la méthode précédente : sa pro-

---

([1]) Il est curieux d'observer que la méthode de M. Caillet et échappe à ce raisonnement et à ses conséquences. Ici, la masse gazeuse qui va se détendre est isolée du compresseur, il n'y a pas d'énergie étrangère en jeu et tout le travail produit se traduit par du refroidissement. Elle doit à sa discontinuité même cette supériorité.

([2]) *Comptes rendus*, 20 août 1900, 30 juin 1902, 13 novembre 1905, 11 juin 1906, 22 octobre 1906.

duction absorbe sensiblement l'énergie directement transmise par le compresseur. N'est disponible pour le refroissement, et avec la restriction ci-après, que l'excès de travail, tant externe qu'interne, dû au fait que l'air n'est pas un gaz parfait.

Au cours de son refroidissement le long de l'échangeur, l'air se contracte anormalement en vertu de l'inexactitude croissante de la loi de Mariotte : il abandonne donc un excès de chaleur pour se refroidir jusqu'à une température donnée ; en d'autres termes, sa chaleur spécifique augmente graduellement (¹) et il ne se refroidit dans le contre-courant que jusqu'à $t > t'$, t' étant la température qu'il eût atteinte à chaleur spécifique constante.

Par contre, lors de la détente, la chaleur spécifique retombe brusquement beaucoup, ce qui tend évidemment à ramener le gaz vers la température t'. Donc, de la chute de température observée à la détente, une partie est due à la baisse de la chaleur spécifique : c'est l'effet frigorifique correspondant à l'excès de chaleur dégagé dans l'échangeur par l'air comprimé à mesure des progrès de son imperfection gazeuse, mais cet effet frigorifique est en quelque sorte fictif, il sert à neutraliser l'excès de chaleur dégagé à son tour le long de l'échangeur par l'air suivant. Ainsi, ce n'est pas l'imperfection gazeuse à la température *de détente* qui compte dans le rendement de la détente par simple écoulement, mais, en gros, l'imperfection gazeuse bien moindre à la température d'*entrée* de l'air comprimé dans le contre-courant.

D'où la nécessité : 1° de partir de pressions très élevées, 200^{atm} au moins ; 2° d'abaisser autant que possible la température initiale du *self-refroidissement* à l'aide d'une machine frigorifique auxiliaire qui constitue en effet l'un des perfectionnements les plus ingénieux de la méthode de Linde.

Malgré cette complication, inutile dans la détente avec travail récupérable, malgré les pressions de 200^{atm}, on sait que les rendements de la détente par simple écoulement n'atteignent pas jusqu'ici $0^{l},6$ par cheval-heure pour des puissances de 200 chevaux.

(¹) D'après Linde (*Bayerische Industrie*, 28 nov. 1896) la chaleur spécifique de l'air sous pression constante et à $-100°$ seulement est de 0,26 à 10^{atm}, 037 à 40^{atm}, et 0,84 à 70^{atm}.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la phosphorescence des composés calciques manganésifères. Influence de la constitution et de la masse des molécules sur les longueurs d'onde des radiations émises.* Note [1] de M. L. **Bruninghaus**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note récente [2] j'ai montré que la concentration correspondant à l'optimum de phosphorescence garde un valeur constante $\frac{1\,\mathrm{Mn}}{254\,\mathrm{Ca}}$ pour des composés calciques à radicaux acides différents. MM. J. de Kowalski et C. Garnier ont présenté à la même date une Note dont certaines conclusions paraissent être en contradiction avec les miennes. Ces auteurs trouvent, en effet, que la concentration optima est beaucoup plus faible pour le sulfure de calcium samarifère que pour l'oxyde. Je signale dès maintenant que j'ai observé, au contraire, au cours d'un travail presque achevé sur les composés calciques samarifères, que tous ces corps obéissent, comme les composés manganésifères, à la loi de l'optimum. J'aurai bientôt l'occasion d'indiquer les raisons pour lesquelles les mélanges préparés par MM. J. de Kowalski et C. Garnier n'obéissent pas à cette loi. Je ferai seulement remarquer, pour l'instant, que tous mes résultats sont relatifs à des mélanges binaires dont le diluant est un composé défini.

L'objet de la présente Note est une étude systématique des radiations émises par quelques groupes de composés calciques manganésifères phosphorescents. Les quatre corps dont j'ai déterminé précédemment l'optimum présentaient des couleurs de phosphorescence variées, différentes les unes des autres. Il n'était pas sans intérêt de rechercher la cause de ces différences de couleurs. Les corps suivants ont été examinés à ce point de vue : oxyde, sulfure, séléniure; sulfate, molybdate, tungstate; carbonate, silicate, zirconate; phosphate, arséniate; aluminate, borate.

Dans tous ces corps, la concentration optima $\frac{1\,\mathrm{Mn}}{254\,\mathrm{Ca}}$, établie pour quelques-uns d'entre eux, a été conservée. La plupart de ces composés ont été préparés par précipitation. Les corps qui suivent font exception : le sulfate a été préparé comme je l'ai déjà indiqué; les sulfures ont été préparés par l'action de l'hydrogène sulfuré sur le carbonate de chaux : après quelques tâtonnements, j'ai pu obtenir ainsi, et à coup sûr, des sulfures très lumi-

---

(1) Présentée dans la séance du 6 mai 1907.

(2) *Comptes rendus*, 22 avril 1907.

neux; le séléniure a été obtenu par action prolongée de l'hydrogène sur le séléniate; le carbonate, en calcinant le carbonate de calcium dans un courant d'anhydride carbonique; enfin, le zirconate, d'après la méthode de M. Ouvrard [1], qui consiste à chauffer durant une trentaine d'heures de la zircone anhydre avec le chlorure de calcium.

Si l'on soumet à l'action des rayons cathodiques ces divers composés, ils s'illuminent de couleurs très variées, mais dont les spectres sont toujours constitués par une bande unique. Le plus souvent, ces bandes spectrales sont très étalées, mais n'occupent jamais toute l'étendue du spectre visible : chacune d'elles commence pour une certaine longueur d'onde λ_1, s'accroît régulièrement en intensité, passe par un maximum pour une valeur λ_m de la longueur d'onde, pour décroître ensuite lentement jusqu'à une valeur λ_2 assez mal définie. Nous nous servirons pour caractériser ces bandes de la valeur approximative de la longueur d'onde λ_m. Certaines des substances ont présenté le maximum dans la partie bien visible du spectre, d'autres au contraire dans les régions violette ou ultra-violette pour lesquelles on a dû faire usage de la spectrophotographie.

Le maximum visuel était déterminé facilement au spectroscope, en juxtaposant au spectre étudié le spectre continu d'un bec Auer qui permettait d'apprécier assez exactement le rapport des intensités. Le maximum photographique était observé directement sur la plaque, impressionnée durant des temps de pose variables selon les substances.

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau suivant. On remarquera que les corps y sont séparés en groupes de composés de constitutions moléculaires semblables; dans chaque groupe, les corps sont rangés par ordre de masses moléculaires croissantes.

Composés phosphorescents.	Masses moléculaires.	Couleur de la phosphorescence.	λ_m correspondant au maximum du spectre visible.	du spectre photographique.	λ_m moyen.
			μμ		μμ
CaO	56	Rouge orangé	607,0	»	607,0
CaS	72	Jaune orangé	589,0	»	589,0
$CaSe$	119,1	Jaune légèrement verdâtre.	567,1	»	567,1
$CaSO^4$	136	Vert turquoise intense	509,0	476,6	492,8
$CaMoO^4$	200	Vert blanchâtre faible	?	464,6	464,6
$CaTuO^4$	288	Bleu violet très intense	?	448,5	448,5
$CaCO^3$	100	Rouge peu intense	623,0	»	623,0
$CaSiO^3$	116,4	Jaune verdâtre pâle	556,0	»	556,0
$CaZrO^3$	178,7	Bleu foncé faible	516,8	»	516,8
$Ca(PO^4)^{\frac{2}{3}}$	103	Rouge vif	633,0	»	633,0
$Ca(AsO^4)^{\frac{2}{3}}$	132,6	Jaune paille	570,9	»	570,9
CaB^2O^4	126	Rose vert	?	422,0?	422,0?
$CaAl^2O^4$	158,2	Rose violacé	?	431,7?	431,7?

(1) OUVRARD, *Comptes rendus*, t. CXIII, 1891, p. 80.

Il résulte de ce Tableau que, dans chacun des groupes de corps étudiés, les composés de masses moléculaires de plus en plus élevées présentent des couleurs de phosphorescence de réfrangibilités croissantes, et dont les spectres subissent, du fait de l'augmentation de masse moléculaire, un décalage progressif dans le sens des longueurs d'onde décroissantes. Les groupes eux-mêmes ne semblent liés entre eux, au point de vue de la couleur, par aucune relation simple.

Ainsi, deux facteurs interviennent pour donner à la phosphorescence d'un composé sa couleur caractéristique; ce sont : 1° la constitution chimique de la molécule diluante, qui fait que deux corps dont les molécules diluantes ont des masses voisines et des radicaux acides différents sont doués de phosphorescences différentes; 2° la masse moléculaire. On peut supposer que l'accroissement de celle-ci, dans un même groupe de composés, donne lieu à une accélération du mouvement vibratoire qui constitue l'émission de lumière.

Les mouvements des centres dont les vibrations produisent la lumière dans la substance phosphorescente, les électrons probablement, sont donc sous la dépendance directe de la structure et de la masse des molécules diluantes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du fluor sur le sélénium. Tétrafluorure de sélénium.* Note de M. **Paul Lebeau**, présentée par M. Ditte.

Dans son étude des propriétés chimiques du fluor, Henri Moissan [1] a reconnu que le sélénium est attaqué dès la température ordinaire. Il se dégage d'abord des fumées blanches abondantes, puis le sélénium fond et prend feu. Autour du sélénium se condense un composé blanc cristallin décomposable par l'eau et soluble dans l'acide fluorhydrique.

En février 1906, M. Prideaux [2] a repris l'étude de cette réaction et a obtenu, en soumettant le sélénium à l'action du fluor dans un appareil en verre, un composé gazeux qu'il considère comme l'hexafluorure de sélénium SeF^6. M. Prideaux a admis cette formule en se basant sur la détermi-

---

(1) Henri Moissan, *Nouvelles recherches sur le fluor* (*Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XXIV, 1891, p. 214).

(2) Edmund Brydges, Rudhall Prideaux, *Chemical Society*, t. LXXXIX, 1906, p. 316.

nation de la densité et sur des relations physico-chimiques avec les hexafluorures de soufre et de tellure.

La facilité avec laquelle le fluor tend à donner des oxyfluorures lorsque les réactions sont faites en présence du verre nous avait fait penser que l'emploi d'un appareil en métal pouvait conduire à des résultats différents. A cet effet nous avons placé le sélénium dans un tube de cuivre relié d'une part à l'appareil à fluor et d'autre part à un système de condenseurs pouvant être refroidis dans l'air liquide. Dans ces conditions nous n'avons pu produire qu'une très faible quantité de gaz. Dans le tube de cuivre se trouvait un liquide incolore fumant abondamment à l'air et décomposant l'eau avec violence. L'expérience a été reprise en choisissant un dispositif permettant de recueillir ce liquide.

Le sélénium était contenu dans une nacelle placée dans une tube de cuivre. Ce tube disposé horizontalement portait, à la partie inférieure de l'extrémité opposée à l'arrivée du gaz fluor, une tubulure verticale. Cette tubulure s'adaptait à frottement doux, sur le col d'une bouteille de platine refroidie, servant de récipient. Le liquide se condense dans ce vase de platine où il peut être conservé.

Ce liquide incolore attaque énergiquement le verre. Sa température d'ébullition, que nous n'avons pu déterminer rigoureusement, est peu supérieure à 100°; à —80°, il forme un solide blanc cristallin. Sa vapeur colore la flamme d'un brûleur Bunsen en bleu intense.

Au contact de l'eau, ce fluorure de sélénium se décompose avec dégagement de chaleur en donnant une solution renfermant de l'acide sélénieux et de l'acide fluorhydrique. Cette réaction nous a permis de faire l'analyse de cette combinaison. En prenant un poids connu de ce liquide et en déterminant dans la solution résultant de son action sur l'eau les quantités respectives de fluor et de sélénium, nous avons reconnu que ce composé était un tétrafluorure de sélénium et que sa décomposition par l'eau pouvait être exprimée par l'équation suivante :

$$SeF^4 + 2H^2O = SeO^2 + 4HF.$$

Les résultats analytiques sont consignés dans le Tableau ci-dessous :

	I.	II.	III.	Théorie pour SeF^4.
Sélénium pour 100	50,2	51,6	51,28	50,97
Fluor................	49,4	»	48,5	49,03

Ce tétrafluorure se comporte comme un composé saturé. Maintenu en présence d'un excès de fluor il ne réagit point et ne donne aucun dégagement gazeux. Il est sans action sur l'iode qui s'y dissout faiblement en fournissant un liquide rouge.

Le soufre, l'arsenic, le bore, le silicium, le carbone ne sont pas attaqués par ce fluorure à sa température d'ébullition. Le phosphore blanc fournit cependant une réaction vive avec mise en liberté de sélénium et production de fluorure de phosphore.

Le tétrafluorure de sélénium est décomposé par les métaux alcalins. Il attaque le mercure à la température ordinaire.

La difficulté que présente la préparation d'une quantité notable d'un tel liquide en partant du gaz fluor nous a obligé à en limiter l'étude chimique. En outre l'action irritante que sa vapeur exerce sur les muqueuses rend les essais très pénibles.

Le fluor, en l'absence du verre, fournit donc avec le sélénium un tétrafluorure qui paraît être le composé le plus fluoré qui soit susceptible de se former par union directe. Le composé gazeux décrit par M. Prideaux serait, ainsi qu'il résulte de nos premiers essais, un oxyfluorure de sélénium. Nous avons observé des résultats comparables dans l'étude que nous poursuivons de l'action du fluor sur le tellure.

CHIMIE MINÉRALE. — *Oxydation spontanée de l'hydrate de cobalt dissous en milieu alcalin.* Note de M. **André Job**, présentée par M. Troost.

Les composés cobalteux, à l'exception des complexes azotés, n'ont qu'une tendance très faible à devenir cobaltiques. Pourtant on a remarqué depuis longtemps que l'hydrate de cobalt s'altère au contact de l'air en fixant de l'oxygène. Peut-on trouver des conditions favorables à une oxydation plus rapide, et déterminer le mécanisme de cette oxydation ? C'est ce que m'a montré l'expérience.

J'ai d'abord réalisé un milieu où l'hydrate de cobalt reste dissous. On y parvient très facilement en imitant la préparation de la liqueur de Fehling. Par exemple, on mélange à volumes égaux les dissolutions suivantes : tartrate de sodium à 50 pour 100, sulfate de cobalt à 30 pour 100, soude à 30 pour 100. L'hydrate de cobalt qui se précipite d'abord se redissout très vite et l'on obtient une liqueur d'un rose violacé. Il suffit alors de l'agiter à l'air, ou mieux, dans l'oxygène, pendant quelques minutes pour voir apparaître une couleur verte qui devient peu à peu très intense.

Cette couleur verte rappelle tout à fait celle que produit l'eau oxygénée au contact d'un sel de cobalt dissous en milieu bicarbonaté alcalin. Dans ce cas elle révèle, ainsi que je l'ai démontré [1], la formation d'un composé cobaltique. D'ailleurs il se

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique,* 7e série, t. XX, 1900.

trouve que M. Durrant (¹) a observé une coloration analogue au sein même du tartrate de soude en faisant agir à la fois sur un sel de cobalt la potasse et l'eau oxygénée. Et il note qu'une dose de peroxyde d'hydrogène correspondant à Co^2O^3 peut être supportée par le liquide sans qu'il y ait de dégagement gazeux. Il y a là, en apparence, une indication sur le produit vert de l'oxydation spontanée. Malheureusement cette indication est tout à fait incertaine. En effet l'analyse m'a montré qu'une partie seulement de l'eau oxygénée (variable selon les conditions de l'expérience) réagit sur le cobalt, et que le tartrate (même sans cobalt) la réduit, grâce à l'alcalinité du milieu. De plus, le composé vert semble provoquer la décomposition de l'eau oxygénée libre, ce qui complique encore la réaction et en rend le résultat plus inconstant. C'est donc l'oxydation spontanée elle-même qu'il faut directement étudier.

J'ai fait l'étude quantitative de cette oxydation par deux séries de mesures : celles de l'oxygène gazeux absorbé, qui se détermine en volume, et celles de l'oxygène fixé sur le cobalt qui se détermine aussi volumétriquement avec beaucoup d'exactitude par ma méthode [2] du pyrophosphate ferreux. En opérant ainsi on constate que la dose d'oxygène gazeux absorbé augmente indéfiniment tandis que la dose retenue par le cobalt est limitée. Ceci montre que le milieu organique entre en réaction; il réduit le composé vert et maintient à l'état divalent une partie du cobalt, qui sans cesse s'oxyde et lui cède l'oxygène. Pour que l'oxydation du cobalt soit complète, il faut supprimer cette action. J'y ai réussi presque entièrement en ajoutant au tartrate une certaine quantité de glycérine (un demi-volume environ par volume de tartrate). On rend ainsi le composé vert beaucoup plus stable en le protégeant contre l'action réductrice [3] du milieu. En effet, on reconnaît que la fixation d'oxygène par le nouveau liquide atteint un limite finie. Il reste maintenant à faire varier les conditions de l'expérience pour que cette limite soit aussi élevée que possible. J'ai trouvé qu'elle dépendait surtout de la dose d'alcali ajoutée au cobalt. En augmentant cette dose, on accroît la quantité totale d'oxygène fixé jusqu'à ce qu'enfin elle demeure indépendante de l'excès d'alcali ajouté [4]. On réalise ainsi un milieu où l'oxydation spontanée du cobalt se produit d'une façon normale et complète.

Quelle est alors la formule de l'oxydation ? L'analyse volumétrique indique pour deux atomes de cobalt un seul atome d'oxygène retenu, c'est-à-dire

(¹) *Journal of the Chemical Society*, t. LXXXVII, p. 1783.
(²) *Loc. cit.*
(³) Elle est due très probablement aux produits d'oxydation du tartrate.
(⁴) La dose indiquée au début correspond à peu près à ce maximum.

que le composé obtenu correspond à la formule Co^2O^3. Mais la mesure du volume gazeux indique en même temps deux atomes d'oxygène absorbés. Il faut donc que le milieu organique soit encore entré en réaction; or il ne réagit plus sur le cobalt oxydé; par suite, il n'a pu réagir que comme accepteur pendant l'oxydation même et cette réaction nous révèle que l'hydrate cobalteux met en jeu deux fois plus d'oxygène qu'il n'en retient.

Ce résultat s'accorde bien avec ceux qu'on a observés par ailleurs dans les phénomènes d'oxydation spontanée, et en particulier avec ceux qui ont été obtenus pour le cérium (¹) et pour le fer (²). On peut, adoptant l'hypothèse de Manchot pour le fer, l'interpréter par la formation transitoire d'un oxyde primaire CoO^2,

$$2\,CoO + O^2 = 2\,CoO^2,$$
$$2\,CoO^2 + A\,(\text{accepteur}) = Co^2O^3 + AO.$$

Mais on peut aussi, adoptant l'hypothèse d'Engler et Ginsberg pour le cérium, faire intervenir la décomposition primaire de l'eau et la formation transitoire d'eau oxygénée aux dépens de l'oxygène libre,

$$2\,CoO + H^2O = Co^2O^3 + H^2,$$
$$H^2 + O^2 = H^2O^2,$$
$$H^2O^2 + A\,(\text{accepteur}) = AO + H^2O.$$

Il est évident que les deux explications sont équivalentes. Pourtant la première hypothèse me paraît plus suggestive. Elle conduit d'abord à rechercher s'il existe un bioxyde de cobalt. Or ce bioxyde a été préparé (Hüttner). Elle conduit aussi à comparer le cas du cobalt à celui du manganèse, dont on connaît l'oxyde MnO^2. J'ai fait cette comparaison en dissolvant l'hydrate manganeux dans le même milieu tartrique : c'est bien le bioxyde MnO^2 qui s'est révélé comme oxyde primaire et c'est un sel manganique (Mn^2O^3) qui a subsisté après l'oxydation.

Enfin, elle m'a suggéré une autre expérience qui semble présenter quelque intérêt. J'ai voulu voir si ces solutions, capables de fixer l'oxygène, pou-

(¹) Job, Baur, Engler et ses collaborateurs.

(²) Manchot et ses collaborateurs. C'est ici le lieu de rappeler les belles expériences de Manchot et Herzog sur la formation du cobalticyanure de potassium. Elles viennent justement à l'appui de l'hypothèse d'Engler. Mais Manchot lui-même a hésité à généraliser le cas particulier et à le comparer à celui de l'oxydation des hydrates.

vaient fixer le nitrosyle. L'essai réussit très bien pour le manganèse comme pour le cobalt. Le nitrosyle est fixé (et probablement réduit en totalité) sans résidu gazeux. Mais l'on trouve un résultat inattendu : tandis que les liqueurs de manganèse s'oxydent au moins cinquante fois plus vite que celles de cobalt, les liqueurs de cobalt fixent le nitrosyle au moins dix fois plus vite que celles du manganèse. J'étudie actuellement cette réaction et ses produits.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les silicates d'alumine et de chaux.* Note de M. O. Boudouard, présentée par M. Le Chatelier.

L'étude systématique de la fusibilité des silicates aluminocalciques m'a permis de synthétiser l'ensemble de nos connaissances sur cette question sous forme d'un diagramme triangulaire (*Revue de Métallurgie*, 1905, p. 462). La surface de fusibilité ainsi obtenue présente deux points culminants correspondant aux températures de 1510° et de 1500°, et la composition centésimale de ces silicates aluminocalciques à points de fusion maximum est la suivante :

Températures.	Comp. centésimale			Formules.
	SiO^2.	Al^2O^3.	CaO.	
1510°	21,9	37,2	40,9	$SiO^2, Al^2O^3, 2CaO$
1500°	9,9	16,7	73,4	$SiO^2, Al^2O^3, 8CaO$

Pour décider si ces compositions sont bien celles de combinaisons définies, j'ai voulu contrôler les indications fournies par la fusibilité en utilisant les méthodes ordinairement employées pour déterminer la constitution des alliages métalliques; les résultats que je donne aujourd'hui se rapportent au silicate aluminocalcique de formule $SiO^2, Al^2O^3, 2CaO$.

I. *Étude microscopique.* — Les procédés de la métallographie microscopique peuvent être appliqués à l'étude des corps opaques observés généralement sur le microscope en lumière polarisée : il suffit que ces substances soient rendues suffisamment réfléchissantes par un polissage convenable.

Dans des creusets de graphite, j'ai fondu des silicates aluminocalciques ayant les compositions suivantes :

Désignation.	SiO^2.	Al^2O^3.	CaO.
A	20,0	50,0	30,0
B	21,9	37,2	40,9
C	20,0	50,0	30,0
D	25,0	37,5	37,5
E	15,0	40,0	45,0

Après polissage, la surface des différents culots est attaquée par l'acide chlorhydrique

à 10 pour 100, puis examinée au microscope. Les reproductions photographiques relatives à B accusent l'homogénéité presque parfaite de la matière fondue; celles relatives aux autres échantillons présentent des cristaux plus ou moins bien développés noyés au milieu d'un eutectique très net.

II. *Étude chimique.* — Les essais ont principalement porté sur divers produits obtenus par fusion des constituants suivant les proportions indiquées en B, car les culots ainsi formés présentaient toujours à la partie inférieure des cristaux de plusieurs millimètres de longueur faciles à isoler mécaniquement. L'analyse des silicates a été conduite d'après les méthodes habituelles : fusion avec carbonate de soude, reprise par l'acide nitrique, évaporation à sec pour dosage de la silice, emploi de la méthode Deville pour séparer l'alumine, dosage de la chaux par l'oxalate d'ammoniaque.

1° Une première série d'analyses a été faite sur des cristaux isolés à la pince. Moyenne des résultats obtenus : SiO^2 — 20,5; Al^2O^3 — 38,3; CaO — 40,1;

2° Dans un autre échantillon j'ai analysé d'une part les cristaux séparés à la main (1), d'autre part des prises d'essai faites dans la partie supérieure du culot (2) :

	SiO^2.	Al^2O^3.	CaO.
(1)...................	21,8	37,9	40,3
(2)...................	24,3	33,4	42,3

3° Dans une dernière série d'essais, j'ai employé l'iodure de méthylène pour séparer les éléments de densités différentes constituant la masse fondue, après avoir préalablement déterminé la densité des cristaux de la partie inférieure du culot. Ces cristaux, de densité 3,05, ont donné à l'analyse : SiO^2 — 21,4; Al^2O^3 — 36,4; CaO — 41,7.

La séparation a été effectuée sur un morceau de matière de forme parallélépipédique découpé dans toute la hauteur de la masse fondue et convenablement pulvérisé pour l'emploi de la méthode des liquides lourds. Les résultats ont été les suivants :

Densités.	SiO^2.	Al^2O^3.	CaO.	Quantités relatives.
2,80........	16,5	34,6	49,2	2 pour 100
2,85........	21,3	32,4	46,4	5 »
2,90........	23,9	27,9	48,2	15 »
3,00........	23,5	36,6	40,9	} 78 »
3,05........	21,25	38,3	40,4	

Les diverses analyses relatives au silicate de formule $SiO^2, Al^2O^3, 2CaO$ sont résumées dans le Tableau ci-dessous :

					Moyenne.	Théorie.
SiO^2............	20,5	21,8	21,4	21,25	21,25	21,9
Al^2O^3...........	38,3	37,9	36,4	38,3	37,7	37,2
CaO............	40,1	40,3	41,7	40,4	40,7	40,9

La concordance entre les données fournies par l'examen de la surface de fusibilité, l'étude micrographique et l'analyse chimique permet de conclure à l'existence de la combinaison définie SiO^2, Al^2O^3, $2CaO$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution et les propriétés des aciers au bore.* Note de M. **Léon Guillet**, présentée par M. Le Chatelier.

En 1895, MM. Moissan et Charpy ont communiqué à l'Académie des Sciences les résultats de leurs recherches sur un acier au bore contenant 0,17 pour 100 de carbone et 0,58 pour 100 de bore.

Leurs conclusions peuvent se résumer comme suit :

1° L'acier considéré donne un point critique à 1140° en dehors des points A^3, A^2, A^1;

2° Les propriétés mécaniques varient de la façon suivante avec le traitement thermique.

Traitement.	R.	A pour 100.	Traitement.	R.	A pour 100.
Forgé et recuit.	46	11	Trempé à 1100°.	129,5	3,1
Trempé à 800°..	85,6	5,1	Trempé à 1200°.	92,3	0,9
Trempé à 900°..	120	2,7			

De plus, MM. Moissan et Charpy ont remarqué que la dureté des aciers au bore n'augmente pas par la trempe.

Nous avons fait une étude systématique des aciers au bore ; la préparation de ces alliages ne présente aucune difficulté spéciale, le ferrobore est un produit obtenu couramment au four électrique.

Propriétés mécaniques. — Le Tableau suivant donne les analyses et les propriétés mécaniques des aciers examinés.

Composition.						Propriétés mécaniques à l'état normal.					Propriétés mécaniques à l'état trempé à 850°.				
						Essai à la traction.				Essai au choc (1) en kilogrammètres.	Essai à la traction.				Essai au choc en kilogrammètres.
C.	Bo.	Mn.	Si.	S.	Ph.	R.	E.	A p. 100.	Σ.		R.	E.	A p. 100.	Σ.	
0,180	0,215	0,076	0,232	0,012	0,023	37,5	20,2	34,5	57,5	3	68,5	57	7,5	36,5	6
0,224	0,462	0,292	0,163	0,015	0,015	39,6	20,2	27	55	3	147,5	100	6,5	30,6	6
0,207	0,844	0,600	0,792	0,014	0,013	50,1	29,8	14,0	26,8	3	175	130	4	10,6	6
0,281	1,514	0,600	0,641	0,005	0,018	51,7	31,5	5,5	4,5	2	120	126	1	0	3
0,475	0,155	0,370	0,283	0,020	0,020	51	34,5	17	27,3	2	A mal cassé.				3
0,595	0,406	0,295	0,292	0,016	0,023	54	39	18	22,8	3	Id.				1

Ces essais montrent nettement l'influence du bore qui augmente la

(1) Ces essais ont été faits sur barrettes entaillées suivant la méthode Frémont.

charge de rupture à l'état normal et surtout d'une façon intense après trempe.

On remarquera tout spécialement la grande fragilité de tous ces aciers normaux, bien que les allongements de quelques-uns atteignent 27 et 34,5 pour 100.

On notera aussi que la fragilité est généralement moindre après trempe; la microstructure nous donnera l'explication de ce fait.

Enfin, il est à retenir que le pourcentage du bore qui donne le maximum d'effet pour les aciers peu carburés est de 0,8 pour 100.

Microstructure. — Lorsqu'on examine la structure de ces aciers, après attaque à l'acide picrique, on aperçoit de la perlite en quantité légèrement inférieure à celle qui correspond à la teneur en carbone de l'acier. La ferrite présente une coloration un peu irrégulière qui semble indiquer la présence d'une solution solide fer-bore. De plus, elle montre quelques grains ronds, très durs, que met en relief le polissage. Si l'on attaque au picrate de soude, tous ces grains apparaissent en brun noir, comme la cémentite.

L'importance de ce constituant spécial croît avec la teneur en bore et cela sans que la perlite diminue.

La trempe à 850° fait disparaître ces grains ronds dans les aciers à faible teneur en bore; mais, dès que cet élément est en quantité un peu importante (0,8 pour 100 environ), le constituant spécial subsiste même lorsque la trempe est faite à 1200° et que le temps de chauffage avant trempe est prolongé.

Un recuit à haute température développe un peu les grains ronds; la cémentation n'a pas d'influence sur la plus ou moins grande quantité de ce corps, mais un recuit oxydant (en présence d'oxyde de fer) le détruit.

Il faut conclure de là à l'existence d'un borocarbure de fer à faible teneur en carbone. La teneur en bore de l'acier intervient seule dans la plus ou moins grande quantité de ce constituant.

Conclusions. — En résumé, ces recherches montrent que :

Les aciers au bore normaux sont constitués par une solution solide fer-bore à très faible teneur en bore, de la perlite et un corps spécial qui paraît un borocarbure de fer;

La présence de ce composé amène une très grande fragilité, qui disparaît par trempe, lorsque ce composé entre lui-même en solution;

Enfin, les propriétés des aciers au bore trempés méritent d'attirer l'attention des industriels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des éthers oxaliques avec les amines aromatiques tertiaires.* Note de **M. A. Guyot**, présentée par M. A. Haller.

J'ai observé que les éthers oxaliques jouissent de la propriété inattendue de réagir sur les amines aromatiques tertiaires en présence de chlorure d'aluminium pour donner naissance, avec des rendements sinon quantitatifs du moins très satisfaisants, à une série de produits de condensation plus ou moins avancés selon les conditions dans lesquelles on opère.

A basse température et en présence d'une faible quantité de chlorure d'aluminium, on obtient tout d'abord un éther dialcoylamidophénylglyoxylique :

$$CO^2R - CO^2R + C^6H^5 - NR'_2 = ROH + R'_2N - C^6H^4 - CO - CO^2R.$$

Cet éther disparaît rapidement et fait place à un produit de condensation plus avancé, un éther tétraalcoyldiamidophénylglycolique, dès que la température s'élève ou qu'on opère en présence d'une plus grande quantité de chlorure d'aluminium :

$$CO^2R - CO^2R + 2C^6H^5 - NR'_2 = ROH + \begin{matrix} R'_2N - C^6H^4 \\ R'_2N - C^6H^4 \end{matrix} \!\!> COH - CO^2R.$$

Enfin, à plus haute température, en milieu moins dilué et en présence d'un large excès de chlorure, l'éther glycolique disparaît à son tour et l'on obtient, comme produit de condensation ultime, l'éther d'un acide hexaméthyltriamidotriphénylacétique :

$$CO^2R - CO^2R + 3C^6H^5 - NR'_2 = ROH + H^2O + \begin{matrix} R'_2N - C^6H^4 \diagdown \\ R'_2N - C^6H^4 - C - CO^2R. \\ R'_2N - C^6H^4 \diagup \end{matrix}$$

Cette faculté de condensation des éthers oxaliques avec les amines aromatiques tertiaires semble présenter un grand caractère de généralité et je l'ai observée avec toutes les amines et tous les éthers sur lesquels j'ai eu l'occasion d'essayer. Toutefois les rendements, qui sont généralement compris entre 50 et 75 pour 100 du rendement théorique, sont très médiocres lorsqu'on opère avec l'oxalate de méthyle, par suite sans doute de la grande facilité avec laquelle ce composé s'altère par saponification.

Parmi les nombreuses réactions auxquelles se prêtent ces nouveaux pro-

duits de condensation, en particulier les éthers glyoxyliques et glycoliques grâce à l'extrême plasticité de leur molécule, je ne signalerai ici que la propriété commune à ces trois classes de composés de dégager de l'oxyde de carbone au contact de l'acide sulfurique concentré, à des températures comprises entre 100° et 150° en donnant *quantitativement* :

Les éthers glyoxyliques :

Des acides dialcoylamidobenzoïques, $R^2N - C^6H^4 - CO^2H$;

Les éthers glycoliques :

Des tétraalcoyldiamidobenzophénones, $R^2N - C^6H^4 - CO - C^6H^4 - NR^2$;

Les éthers acétiques :

Des hexaalcoyltriamidotriphénylcarbinols, $(R^2N - C^6H^4)^3 \equiv C - OH$.

Or, ces produits de décomposition sont précisément les termes qui prennent naissance par condensation du gaz phosgène avec les amines aromatiques tertiaires et qu'on prépare aujourd'hui industriellement par cette méthode. Nous disposons donc, grâce à cette faculté de condensation des éthers oxaliques, d'un procédé nouveau permettant d'obtenir ces composés sans employer le chlorure de carbonyle d'un maniement si pénible.

Indépendamment de l'intérêt que peut présenter au point de vue industriel ce nouveau mode de formation des colorants du triphénylméthane et des composés qui s'y rattachent, il convient aussi de remarquer que cette synthèse jette quelque clarté sur le mécanisme de formation de tout un groupe de colorants; les acides rosolique et pararosolique, le bleu de diphénylamine, les oxaléines, etc., prennent naissance, comme on sait, par condensation de l'acide oxalique avec les phénols et les amines, en vertu d'une réaction particulière sur laquelle on n'est pas encore fixé; aucune des nombreuses hypothèses qui ont été émises à ce sujet ne rend compte des faits d'une façon satisfaisante. Or il nous semble logique d'admettre que ces colorants prennent naissance par un processus de réactions analogue à celui que nous venons d'esquisser; toutefois les acides glyoxyliques, glycoliques et triphénylacétiques qui se forment intermédiairement sont beaucoup moins stables que leurs éthers, ainsi que je le montrerai sur quelques exemples; à chaud, c'est-à-dire précisément dans les conditions où ils prennent naissance, ils se décomposent facilement en perdant de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique, et cette instabilité explique à la fois les mauvais rendements en colorants et l'impossibilité

d'isoler ces acides intermédiaires dont la présence aurait permis d'établir le mécanisme de la réaction.

BOTANIQUE. — *Sur quelques plantes à caoutchouc du sud de Madagascar.* Note de MM. **J. Costantin** et **H. Poisson**, présentée par M. Ed. Perrier.

M. Geay, qui vient de parcourir à nouveau en 1906 les provinces de Tuléar et de Fort-Dauphin, a rapporté plusieurs espèces à caoutchouc qui sont l'objet, dans ces contrées, d'une exploitation assez intéressante de la part des indigènes.

Dans la région du Sud-Ouest (province de Tuléar), les deux plantes qui portent les noms indigènes de *Kokomba* et de *Kidroa* [1] sont traitées seulement pour leurs racines. Stimulés par la nécessité d'acquitter l'impôt, les Malgaches ont été amenés à découvrir des plantes caoutchoutifères nouvelles, telles que le *Kompitsé* et les espèces précédentes [2]. En même temps que le besoin éveillait l'esprit d'observation, il suscitait chez les *Baras* et les *Tambolos* la découverte d'un procédé d'extraction inconnu jusqu'alors à Madagascar dont voici la description.

Les racines arrachées sont d'abord exposées au soleil pour amener la rapide coagulation du latex acide sous l'influence de la chaleur. Les racines sont alors réunies en fagots et transportées au village afin d'en opérer la décortication par battage à la main, à l'aide d'un morceau de bois dur. L'écorce obtenue est passée au pilon, puis exposée au soleil et mise à bouillir avec de l'eau de façon à éliminer la plus grande partie de l'écorce désagrégée et libre. Comme une première opération ne suffit pas, on répète une deuxième, puis une troisième fois le séchage et le traitement par l'eau bouillante. La troisième opération permet de façonner le produit en boules constituant la forme commerciale.

L'exposé précédent nous montre que des peuplades malgaches habitant loin de la côte ont découvert une méthode d'extraction du caoutchouc

---

(1) Ces deux espèces vivent sur une large zone qui coupe du Nord-Ouest au Sud-Est les pays Bara et Tambolo. Une autre sorte Kokomba se retrouve dans le sud de l'île, près des monts Kokomba en pays Antandroy et près de Soaneriano, chez les Tanosy.

(2) Le *Kompitsia* (Costantin et Gallaud, *Comptes rendus*, 1906) a été décrit l'année dernière; il est, d'après la nouvelle exploration de M. Geay, l'objet d'une exploitation assez importante.

analogue (plus grossière il est vrai) à celle pour laquelle des brevets ont été pris dans ces dernières années en Europe. C'est là un fait assez intéressant relatif à l'esprit d'invention chez les primitifs ([1]).

Le *Kokomba* est un *Mascarenhasia* nouveau, que nous nommerons *M. Geayi*, dont les caractères essentiels sont les suivants :

Grand arbuste de 3^m de haut. Feuilles elliptiques 4^{cm}-6^{cm} × 2^{cm}-$3^{cm},5$ à sommet arrondi ou quelquefois aigu ; pétiole 5^{mm}-7^{mm}. Jeunes pousses et nervures foliaires poilues. Fleurs isolées, à pédoncule de $1^{cm},5$-2^{cm} ; calice 7^{mm} ; corolle $3^{cm},5$ (non complètement épanouie) à tube cylindrique 12^{mm} ; disque nectarifère plus petit que l'ovaire formé de 5 pièces, 2 pièces simples, une troisième très large et dentée, les quatrième et cinquième pièces soudées ensemble ; ovaire poilu au sommet. Montagnes gréseuses, district de Tongobory. Bon caoutchouc extrait des racines qui sont noires ([2]).

Le *Kidroa*, dont nous n'avons pu étudier qu'une fleur ([3]), est un autre *Mascarenhasia* qui paraît assez voisin de *M. pallida*, mais qui en diffère par ses feuilles plus longues et moins larges ; on peut l'appeler *M. Kidroa*.

Petit arbre. Jeunes pousses velues. Feuilles à limbe allongé, pointu, étroit 7^{cm}-$7^{cm},5$ sur 2^{cm}-$2^{cm},5$; pétiole 7^{mm} ; nervures poilues. Fleur (dont le calice et la base manquent), à tube de 4^{cm} ; partie inférieure cylindrique et rétrécie $2^{cm},5$ de long sur 2^{mm}-3^{mm} de large ; partie supérieure élargie $1^{cm},5$ de long sur 6^{mm} de large ; partie libre des pétales 15^{mm} de long sur 10^{mm} de large. Étamines à la base de la partie élargie. Racines couleur chocolat. District d'Ankazoabo ; zone gréseuse ([4]).

Dans la région de Fort-Dauphin, il y a à mentionner deux *Landolphia* nouveaux dont nous avons pu étudier les fruits assez caractérisés, qui sont très distincts de ceux des espèces de l'Ouest (*L. sphærocarpa*, *Perrieri* et

---

([1]) On sait que, dans l'Angola, les nègres ont découvert un procédé semblable avec le caoutchouc d'herbes (*Kimene Sambesi expedition*).

([2]) D'après J. Cloisel, à Fort-Dauphin, le nom de « Koucoumba » est appliqué à une plante qui est, d'après l'herbier du Muséum (n° 79), le *Mascarenhasia speciosa* Scott Elliot. C'est une espèce tout à fait différente de la précédente.

([3]) C'est le chef des Bara-imamono, le roi Ampoinimerina, qui a envoyé quérir cette fleur par ses sujets à la demande de M. Geay. On n'en découvrit pas d'autres. C'est un chef puissant que l'on doit ménager, car il peut mobiliser 30000 guerriers en 24 heures.

([4]) Il y a dans l'Herbier du Muséum une plante sans étiquette d'origine qui porte le nom de *Kidroa ;* elle s'applique au *Mascarenhasia phyllocallyx* var. de M. Dubard. Cet auteur n'a pas mentionné ce nom dans sa monographie du genre (*Bull. Soc. bot.*, 1906, p. 255-294). Cette espèce a des feuilles différentes de celles du *M. Kidroa*.

tenuis) et des espèces de l'Est dans la région donnée par M. Prudhomme [1] comme caractéristique du *Landolphia madagascariensis;* récemment, nos connaissances sur les plantes à caoutchouc de la côte Est ont été modifiées par un important travail de M. Pierre, qui a montré que le *L. madagascariensis,* d'après les études de M. Thiry, inspecteur des Eaux et Forêts à Madagascar [2], ne contient qu'un latex de coagulation difficile et un produit non élastique (nom vulgaire, *Robanga*); les véritables lianes productrices de caoutchouc seraient le « Mandrianambo » (*L. Mandrianambo*), le « Fingomainty » (*L. hispidula*), le « Fingobary » (*L. Dubardi*) et le « Talandoha » (*L. Richardiana*). Ces diverses espèces ont été uniquement signalées dans la région de Maroansetra, c'est-à-dire vers le Nord, dans les environs de la baie d'Antongil.

M. Geay a découvert (en dehors de la zone d'extension de la liane « Voahena ») aux environs de Fort-Dauphin deux *Landolphia* appelés par les indigènes « Mamolava » et « Mamavo » qui nous paraissent nouveaux et dont voici les diagnoses.

Landolphia mamolava sp. nov. — Liane à feuilles ovalaires, à acumen arrondi, $6^{cm} \times 3^{cm}$; pétiole 1^{cm}; quelques feuilles plus larges sont peu échancrées au sommet $5^{cm} \times 3^{cm},5$. Fruit ovoïde de 6^{cm}-7^{cm} de long sur 5^{cm} de large, rétréci au sommet libre qui est un peu ombiliqué; plusieurs sillons à la base et le pédoncule s'attachant dans une partie rentrante; très légère tendance à la dissymétrie du fruit à la base et au sommet qui est un peu de côté. Nom indigène : « Voahena mamolava ». Environs de Fort-Dauphin.

Landolphia mamavo sp. nov. — Liane à petites feuilles, rétrécies à la base et terminées en pointe un peu mucronée, à sommet arrondi, $4^{cm} \times 2^{cm}$; pétiole 3^{mm}. Fruits pyriformes 5^{cm} à $5^{cm},5$ de large sur 6^{cm} de haut. Nom indigène « Voahena mamovo ».

BOTANIQUE. — *Observations sur la constitution de la membrane des Péridiniens.* Note de M. **Louis Mangin**, présentée par M. Guignard.

Je me propose, dans cette Note, de préciser les données encore incertaines sur la nature de la membrane des Péridiniens.

---

(1) Prudhomme, *L'Agriculture sur la côte Est de Madagascar,* 1901, p. 20, *Pl. III.* — Voir aussi Jumelle, *Les plantes à caoutchouc et à gutta-percha,* 2e édit., 1903, p. 325.

(2) Pierre, *Sur quelques Landolphiées nouvelles de Madagascar* (*Agricult. prat. des pays chauds,* 1904, p. 107). — Thiry, *Bull. économ. de Madag.,* 1903, p. 1, 11 et 215.

Il y a lieu de distinguer les Péridiniens en état de vie active se déplaçant avec leurs cils, et les Péridiniens en état de vie ralentie, passant l'hiver à l'état enkysté. Chez les premiers, la carapace, plus ou moins épaisse et ornée, est formée de cellulose presque pure. On peut s'en convaincre par l'action des réactifs iodés (acides ou chlorures concentrés mélangés à l'iode), par l'action des couleurs de benzidine ou de toluidine en bain alcalin.

Non seulement cette cellulose présente toutes les réactions colorantes de la substance définie sous ce nom, mais, contrairement à l'opinion émise par Schütt, elle en possède aussi la solubilité dans le réactif de Schweitzer. Toutefois, cette solubilité ne se manifeste qu'après l'action des agents qui l'ont ramenée à l'état d'hydrocellulose.

La cellulose des Péridiniens, aussi bien d'eau douce (*Ceratium cornutum*, *C. hirundinella*) que marins (*C. Tripos, Peridinium* divers), manifeste alors tous les caractères de celle qui constitue les membranes d'un certain nombre de Phanérogames aquatiques (*Acorus calamus*, etc.). Ces membranes présentent en effet une résistance spéciale aux agents de destruction et leur cellulose avait été primitivement décrite comme insoluble dans le réactif de Schweitzer. J'ai montré que cette cellulose devient soluble après l'action des acides.

Contrairement à ce qui se passe chez la plupart des Algues, où les composés pectiques jouent un si grand rôle dans la gélification des membranes, ces substances manquent dans la carapace des Péridiniens (*Ceratium cornutum*) ou existent en très petite quantité (*Peridinium tabulatum*).

J'ai cherché à me rendre compte du mode d'union des diverses pièces qui constituent la carapace des Péridiniens, pièces qui se disjoignent facilement par la pression et rapidement sous l'action des acides faibles, tels que l'acide picrique.

L'absence des composés pectiques exclut la présence du ciment de pectates calcaires qui contribue, comme je l'ai établi, à réunir les cellules du parenchyme mou des Phanérogames et des Cryptogames vasculaires.

Certains faits m'autorisent à penser que les lignes de suture des pièces de la carapace sont marquées par la disparition lente de la cellulose, de manière qu'à l'état adulte les plaques ne sont plus réunies que par contiguïté, ou au moyen de résidus minéraux que les acides, même les plus faibles, dissolvent rapidement.

Quand la disparition de la cellulose le long des lignes de suture est complète, la dissociation de la carapace est rapide (*Ceratium cornutum, C. hirundinella, C. Tripos, etc.*). Si elle est incomplète, la dissociation est difficile à réaliser (*Peridinium tabulatum*).

La constitution de la membrane des Péridiniens paraît homogène à l'origine et formée de cellulose pure; mais, à mesure que cette membrane

s'épaissit et se différencie, la cellulose se dépose en quantité plus considérable à l'extérieur, à l'inverse de ce qui a lieu chez les autres Algues; il reste à la face interne une fine membrane incolore, sorte d'enveloppe anhiste, que je n'ai pu encore déceler par aucun réactif colorant.

L'existence de cette partie de la membrane est cependant facile à observer sur les fragments de carapace qui ont commencé à s'altérer, soit sous l'influence de la putréfaction, soit sous l'action des réactifs. Quand on colore ces fragments par les couleurs de benzidine après l'action de la potasse caustique, on voit que certains d'entre eux ne présentent plus que des îlots colorés, entièrement séparés les uns des autres; cependant, ces îlots demeurent réunis par une fine lame incolore qui conserve le contour du fragment de carapace.

La membrane des carapaces de Péridiniens est donc constituée par de la cellulose associée à une nouvelle substance fondamentale remarquable par son inertie vis-à-vis des réactifs colorants.

Chez les Péridiniens à vie ralentie qui présentent des kystes, la membrane du kyste, formée à l'intérieur de la carapace, est remarquable par son épaisseur et par sa simplicité, car elle est dépourvue d'ornements. Par contre, sa constitution chimique est très complexe, car on y trouve intimement associées les trois substances fondamentales que j'ai signalées, à savoir : la cellulose, les composés pectiques et la callose.

La cellulose et les composés pectiques existent seuls dans les membranes, encore minces, des jeunes kystes, puis, à mesure que la membrane s'épaissit, ces substances s'y répartissent comme dans les tissus des Phanérogames, la cellulose surtout interne, les composés pectiques plus abondants vers l'extérieur. Quant à la callose, elle apparaît un peu plus tard et il semble, sans que j'en puisse fournir encore la preuve, que son apparition soit liée, comme dans la membrane diffluente du sporange de certaines Mucoracées, à la dissolution de la membrane du kyste au moment de la germination.

Quoi qu'il en soit, la membrane du kyste du *Ceratium cornutum* est le seul exemple, à ma connaissance, de la réunion des trois substances fondamentales. Ce fait, rapproché de la constitution toute spéciale de la carapace des Péridiniens libres, justifie, avec les autres caractères de ces êtres singuliers, l'idée d'en former un groupe spécial au milieu des autres Algues.

BOTANIQUE. — *Sur la délimitation et les relations des principaux genres d'Illipéées.* Note de M. **Marcel Dubard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que les *Sapotacées* sont actuellement divisées en deux grandes tribus, *Palaquiées* et *Mimusopées,* basées sur l'absence ou la présence d'appendices dorsaux aux pétales. Les *Illipinées* constituent une première sous-tribu des *Palaquiées,* caractérisée par une androcée typiquement diplostémone et comprenant toujours au moins deux verticilles d'étamines fertiles. Dans cette sous-tribu, toute une série de genres se distinguent par l'hétéromérie du calice et de la corolle; le nombre des pièces du calice est généralement de 4, en deux paires croisées, dont l'une interne par rapport à l'autre; le nombre des lobes de la corolle est alors typiquement de 8, peut d'ailleurs s'élever souvent au-dessus de ce chiffre ou s'abaisser accidentellement de quelques unités, mais en restant supérieur à 4.

Le groupe des *Illipéées* ainsi défini est très homogène et pourrait à la rigueur ne constituer qu'un seul genre. Si cependant, pour la clarté de la classification, on cherche à le subdiviser, il faut bien vite reconnaître que les cadres actuellement admis ne correspondent point aux affinités véritables des espèces et ne permettent guère la désignation générique indubitable d'un nouvel échantillon. C'est ce qu'avait reconnu le botaniste L. Pierre, comme en témoignent les Notes manuscrites de son herbier; en examinant les abondants matériaux qu'il avait accumulés, je suis arrivé à admettre 5 genres principaux dans ce groupe, avec les correspondances suivantes :

1° *Illipe* (partie du g. *Illipe* de König, admis par Engler) [1].
2° *Payena* (section *Eupayena* d'Engler, partie du g. *Payena* de de Candolle).
3° *Kakosmanthus* [2] (genre d'Hasskoul avec extension, rangé comme section dans les *Payena* par Engler).
4° *Dasyaulus* (genre de Thwaites avec extension, rangé dans les *Illipe* par Engler).
5° *Ganua* (genre inédit de Pierre, correspond partie aux *Illipe* König, partie aux *Payena* D. C.).

---

(1) Engler, *Sapotaceæ,* in *Pflanzenfamilien,* t. IV, p. 1.
(2) Ce genre a été admis par Pierre avec la signification que je lui donne (Pierre, *Notes botaniques,* p. 31).

Me réservant de préciser dans un travail plus détaillé les limites de ces divers genres et de grouper autour d'eux quelques genres secondaires, je me propose seulement dans cette Note de justifier ma manière de voir, par l'examen des caractères les plus importants des Illipéées et de montrer que nous avons affaire à cinq centres de classification plus naturels que les anciens.

a. Nervation de la feuille. — De la nervure principale partent des nervures secondaires (*costules*) reliées entre elles par des arcs vasculaires bien nets; chez les *Illipe* et *Kakosmanthus*, entre les costules espacées et saillantes, on ne trouve que des nervures transversales, beaucoup plus ténues et dessinant un réseau; chez les *Payena*, les costules sont plus rapprochées et plus fines et, du milieu de l'arc vasculaire qui relie deux costules consécutives, part une fine nervure parallèle qui descend en se ramifiant vers la nervure principale; les petites nervures transversales sont peu nombreuses, à peine visibles; chez les *Dasyaulus*, la nervation est intermédiaire, avec nervures intercalaires parallèles aux costules, non ramifiées et fines nervures transversales, enfin la nervation des *Ganua* tient à la fois de celle des *Dasyaulus* et des *Payena*.

b. Corolle. — La corolle est constituée par un tube que surmontent les lobes pétalaires; la longueur du tube varie par rapport aux lobes. Chez les *Illipe*, en général, le tube est notablement plus long que les lobes, tandis que l'inverse a plutôt lieu chez les autres genres. Il y a relation avec la disposition des étamines. S'il se produit de bonne heure un arrêt de développement dans le tube de la corolle, les étamines de deux cycles s'insèrent sensiblement au même niveau et le tube reste court; si le développement se continue, les cycles staminaux s'espacent et le tube est notablement plus long; enfin la corolle peut être incluse dans le calice (*Kakosmanthus*, *Ganua*).

c. Disposition des ovules. — La place occupée par les ovules dans les loges fournit un caractère important; chez la plupart des Illipéées, chaque ovule remplit à peu près la loge correspondante et s'insère vers le milieu du placenta; chez les *Kakosmanthus* et les *Ganua*, las ovules sont insérés à la base des loges; la partie supérieure de celles-ci est vide et les cloisons séparatrices dans cette région, au lieu de confluer vers un axe central, sont indépendantes les unes des autres.

d. Fruit. — Le fruit qui est une baie possède un péricarpe plus ou moins charnu; cependant, chez les *Ganua* ce péricarpe est excessivement mince et ligneux, et c'est peut-être là le meilleur caractère distinctif de ce genre.

f. Graine. — Le développement de l'albumen est très variable. Alors que les *Payena* ont un albumen abondant et des cotylédons foliacés, les *Illipe* possèdent des cotylédons charnus remplissant presque entièrement l'intérieur de la graine et l'albumen s'y réduit à une mince couche de tissu qui tapisse le tégument et peut facilement s'en séparer; mais l'albumen ne paraît jamais faire complètement défaut, comme on l'a souvent écrit; il en est à peu près de même chez les *Ganua*. Quant aux genres *Kakosmanthus* et *Dasyaulus*, ils paraissent posséder des cotylédons charnus avec un albumen plus ou moins abondant, les *Dasyaulus* se rapprochant plutôt des *Payena* et les *Kakosmanthus* des *Illipe*.

En résumé, les caractères précédents suffisent à définir nettement les cinq genres principaux auxquels nous rattachons les Illipéées; ils montrent que ces genres constituent une série dont les termes extrêmes sont les *Illipe* et les *Payena,* tandis que les *Kakosmanthus, Dasyaulus* et *Ganua* sont intermédiaires, à peu près au même degré, mais pour des raisons différentes.

Ces trois derniers genres considérés deux à deux montrent d'ailleurs des affinités réciproques très nettes.

Les anciens genres *Illipe* et *Payena* apparaissent en outre comme dépourvus d'homogénéité puisque les *Dasyaulus* qui résultent du démembrement du premier se rapprochent beaucoup des *Payena* par la nervation de la feuille, par la disposition de la corolle et des étamines, et le développement de l'albumen et que les *Kakosmanthus* extraits des *Payena* se rapprochent, au contraire, des *Illipe* par la nervation et le développement de l'albumen.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la lumière sur l'assimilation des réserves organiques des graines et des bulbes par les plantules, au cours de leur germination.* Note de M. **W. Lubimenko**, présentée par M. Gaston Bonnier.

A plusieurs reprises j'ai signalé que l'intensité lumineuse joue un rôle important dans le phénomène d'assimilation des matières organiques par les plantes supérieures ([1]). En continuant mes recherches sur cette question, j'ai entrepris cet hiver des expériences sur la germination des graines et des bulbes à diverses intensités lumineuses.

Pour donner aux plantes des quantités différentes de lumière, j'ai appliqué la même méthode que j'avais employée précédemment ([2]). Une série de cultures a été constituée cette fois par six lots de graines ou de bulbes. Je fais germer le premier lot sous une cloche de verre transparente, le second lot sous une cloche recouverte par une feuille de papier blanc, le troisième lot sous une cloche recouverte par trois feuilles et le quatrième lot sous une cloche recouverte par six feuilles du même papier; enfin, pour le cinquième lot la cloche était recouverte d'une feuille de papier noir et pour le sixième lot de deux feuilles de papier noir. J'expose

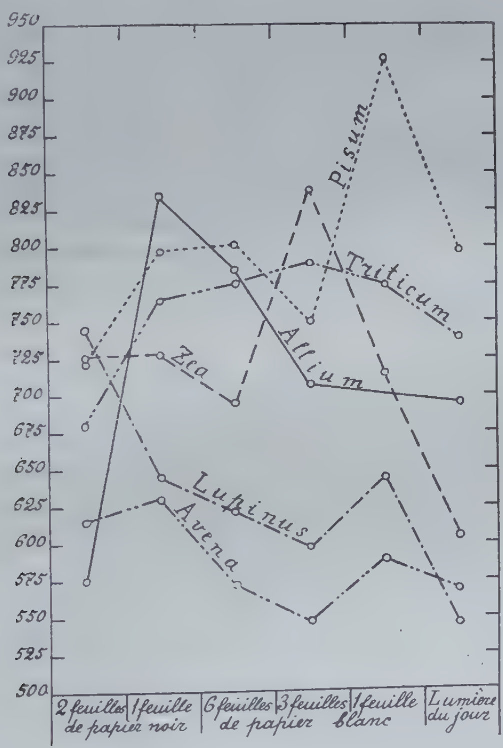
(1) *Comptes rendus,* 8 octobre 1906; *Revue générale de Botanique,* t. XVIII, 1906.
(2) *Loc. cit.* (*Comptes rendus,* 8 octobre 1906).

ensuite mes cultures dans une salle du laboratoire de façon que toutes les cloches d'une même série soient éclairées de la même manière par la lumière diffuse du jour. Il est bien entendu que je choisis pour les lots d'une même série des graines ou des bulbes aussi semblables que possible.

Pour déterminer l'accroissement des plantules, leur longueur, leur poids frais et leur poids sec, on doit sectionner les tiges et les racines au niveau des bulbes ou des graines, afin de les séparer des parties qui renferment des réserves organiques (albumen, cotylédons, etc.).

J'ai étudié ainsi la germination des bulbes d'*Allium Cepa*, des grains de Blé et d'Avoine, des graines de Pois, de Maïs et de Lupin blanc.

Dans la plupart des expériences, l'étiolement des plantules est complet sous les cloches entourées par six feuilles de papier blanc, ainsi que sous les cloches recou-



Poids sec des plantules à diverses intensités lumineuses. Les ordonnées représentent en milligrammes le poids sec de 1 plantule pour l'*Allium*, de 50 pour le Blé, de 20 pour le Pois, de 10 pour le Maïs, de 75 pour l'Avoine et de 5 pour le Lupin.

vertes par une ou par deux feuilles de papier noir. On ne constate que des traces de chlorophylle sous les cloches entourées par trois feuilles de papier blanc; cependant

les plantules d'*Allium* montrent encore la présence de ce pigment sous les cloches recouvertes par six feuilles de papier blanc et même sous celles entourées par une feuille de papier noir.

La quantité d'eau contenue dans les plantules ne varie que très peu. Au contraire, le poids sec des plantules varie beaucoup avec l'intensité lumineuse. Les courbes ci-contre montrent ces variations. Sur l'axe des abscisses sont marqués les points correspondant à différentes intensités lumineuses. Les ordonnées représentent les valeurs moyennes du poids sec des plantules, obtenues au cours de plusieurs expériences sur chacune des espèces.

Comme on le voit d'après les courbes, le maximum du poids sec des plantules ne correspond pas à la plus forte intensité de la lumière. Comme j'ai opéré à la faible lumière du jour pendant l'hiver, l'assimilation chlorophyllienne des plantules était très réduite; par conséquent, nous pouvons considérer les quantités de matière sèche obtenues dans les cultures, même les mieux éclairées, comme provenant presque exclusivement de l'assimilation de réserves organiques par les plantules.

Nous voyons alors que le poids sec des plantules de Blé, de Maïs, d'*Allium* et de Pois augmente avec la lumière jusqu'à une valeur maxima, et ensuite diminue. Cette valeur maxima pour les trois premières plantes correspond à des intensités lumineuses, pour lesquelles on constate le début de la formation de la chlorophylle.

Le poids sec des plantules de Blé, de Pois et d'*Allium*, développées à la lumière diffuse du jour, est plus grand que celui des plantules poussées à la plus grande ombre; le poids sec des plantules de Maïs, de Lupin blanc et d'Avoine à la lumière du jour est plus petit que pour les plantules des mêmes espèces exposées au minimum d'éclairement. Chez les deux dernières espèces, le maximum absolu du poids sec des plantules correspond à l'intensité lumineuse minima qu'on obtient sous la cloche entourée par deux feuilles de papier noir.

Voici maintenant les longueurs moyennes des plantules correspondant à la série des intensités lumineuses employées à partir de l'intensité minima. Pour l'*Allium*, les longueurs des plantules sans racines sont égales successivement à : $16^{cm},2$; $21^{cm},2$; 20^{cm}; 19^{cm}; $19^{cm},5$. Pour le Maïs : $15^{cm},5$; 14^{cm}; 16^{cm}; $16^{cm},5$; 15^{cm}; $12^{cm},7$. Pour le Blé : $10^{cm},7$; $11^{cm},6$; 12^{cm}; $12^{cm},2$; $12^{cm},5$; $11^{cm},6$. Pour l'Avoine : $13^{cm},5$; $11^{cm},9$; $11^{cm},5$; $11^{cm},3$; $11^{cm},1$; $10^{cm},9$. Comme on le voit, d'après ces nombres, le plus fort développement des plantules correspond sensiblement aux intensités lumineuses où l'on trouve le maximum du poids sec. Ce fait est très important, car il montre que les modifications (allongement des tiges, etc.) qu'on observe chez les plantes vertes développées, aux faibles intensités lumineuses, sont dues aux conditions de nutrition, et plus particulièrement aux conditions de l'assimilation des matières organiques accumulées dans la plante.

De tout ce qui précède, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° *L'assimilation des matières organiques emmagasinées dans les graines ou bulbes par une plante supérieure est influencée par la lumière;*

2° *Le maximum d'assimilation de ces substances correspond à une intensité lumineuse très faible qui suffit à peine ou ne suffit même pas pour que la plante*

puisse former de la chlorophylle. A partir de cette intensité, l'augmentation ultérieure de la lumiere diminue l'assimilation de réserves organiques;

3° *La quantité maxima de matière sèche formée aux dépens des réserves organiques correspond à des valeurs absolues de l'intensité lumineuse, qui varient suivant les espèces.*

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le rôle des tubes criblés.* Note de M. **Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Depuis les travaux de Hanstein, on considère les tubes criblés comme servant au transport des matériaux organiques; diverses objections, appuyées sur des faits d'ordre anatomique, ont été faites à cette manière de voir, par exemple par Blass ([1]); Chauveaud ([2]) y a répondu par des arguments de même nature, s'appuyant en particulier sur le fait, qu'il a mis en évidence, de l'apparition précoce des éléments libériens par rapport aux vaisseaux du bois. Dauphiné ([3]) a montré, d'autre part, que les rhizômes en voie de formation, c'est-à-dire au moment où ils emmagasinent des réserves, ont un liber relativement très développé; l'importance que prend ce tissu dans de tels organes paraît être en relation avec un apport considérable de substances organiques provenant des régions assimilatrices de la plante.

J'ai observé un certain nombre de faits qui viennent appuyer cette manière de voir et je crois intéressant de les rapporter parce qu'ils sont acquis par une voie expérimentale et se trouvent ainsi donner une nouvelle force aux interprétations tirées du développement normal.

Comparons des végétaux de même espèce croissant les uns sur une solution minérale, les autres sur le même liquide auquel on a ajouté une quantité assez considérable (10 pour 100 par exemple) d'un sucre tel que le glucose ou le saccharose; les individus à l'appareil radiculaire desquels on fournit des sucres les absorbent et les emmagasinent dans leur tige où ils ne tardent pas à constituer des matériaux de réserve; or, dans tous ces cas, la tige (il en serait de même de la feuille) présente un développement exagéré du liber par rapport aux échantillons auxquels on ne donne que

([1]) *Untersuchungen über die physiologische Bedeutung der Siebtheiles der Gefässbündel* (*Ber. d. Bot. deut. Ges.*, 1890).

([2]) *Sur le rôle des tubes criblés* (*Rev. gén. Bot.*, 1897).

([3]) *Recherches sur les variations de structure des rhizômes* (*Ann. sc. nat., Bot.*, 1906).

des substances minérales. Si nous examinons, par exemple, la tige d'un Ipomée (*Ipomœa purpurea* Lam.) qui s'est développé sur une solution exclusivement minérale, au moment où elle constitue ses tissus secondaires dans un rayon médullaire primaire, on observe que le liber est déjà constitué par d'assez nombreux éléments criblés, alors que le bois n'est encore représenté que par de rares vaisseaux ligneux; dans un échantillon auquel on a fourni une solution de saccharose à 10 pour 100, les tubes criblés sont beaucoup plus nombreux et, cependant, aucun vaisseau du bois n'est encore constitué; l'absorption du saccharose par la tige amène donc un développement plus considérable du liber et exagère le retard qui existe normalement entre sa différenciation et celle des éléments ligneux.

Mais les indications que nous fournit à cet égard le Radis sont encore plus démonstratives. J'ai montré précédemment que lorsque cette plante se développe sur une solution de glucose ou de saccharose en atmosphère confinée, la tige, dans sa région supracotylédonaire, prend les caractères externes et internes d'un rhizôme; or dans les conditions ordinaires cette tige présente, en ce qui concerne l'appareil vasculaire, une structure absolument normale; les tissus secondaires se différencient uniquement en éléments ligneux en dedans de l'assise génératrice, uniquement en éléments libériens en dehors de cette même assise; dans la tige artificiellement transformée en rhizôme il ne se développe encore que du liber en dehors de l'assise génératrice, ce tissu étant d'ailleurs plus abondant, mais le parenchyme secondaire interne donne non seulement des vaisseaux ligneux, mais aussi de nombreux vaisseaux libériens; la tubérisation de l'organe a donc amené la formation d'éléments criblés dans une région où ils n'apparaissent jamais dans les conditions ordinaires de végétation.

Pour retrouver ce liber intra-ligneux chez le Radis normal il faut s'adresser au tubercule, c'est-à-dire à l'axe hypocotylé; mais là encore l'existence de ce tissu en dedans de l'assise génératrice est liée à la tubérisation de l'organe; car si, grâce à certaines conditions extérieures, l'axe hypocotylé ne se renfle pas en tubercule, ses tissus secondaires subissent la même différenciation que dans la tige normale.

La formation du liber intra-ligneux paraît donc bien liée à l'accumulation de matériaux organiques dans l'axe du Radis, que la région de cet axe soit la tige, l'axe hypocotylé ou la partie supérieure de la racine principale, et l'ensemble des faits que je viens de rapporter précise la relation étroite qui existe entre le développement du tissu libérien dans un organe donné et la quantité de substances organiques qui arrivent à ce même organe.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la grandeur comparée de l'action cardio-inhibitrice de divers sels de potassium administrés à même concentration moléculaire.* Note (¹) de MM. **H. Busquet** et **V. Pachon**, présentée par M. Dastre.

Les travaux de Dreser, Kahlenberg et True, Paul et Krönig (²), et surtout ceux de L.-C. Maillard et J. Lœb (³) ont montré que l'intensité des réactions biologiques manifestées sous l'influence de solutions salines était nettement en rapport avec la valeur des phénomènes de dissociation électrolytique présentés par ces mêmes solutions, dans l'hypothèse d'Arrhenius.

Poursuivies à ce point de vue, nos recherches ont porté sur l'étude des variations comparées de grandeur de l'action cardio-inhibitrice d'une série de sels de potassium. Nous avons choisi, d'une part, comme ion d'étude influençant le cation $\overset{+}{K}$, en raison de la netteté de son action cardiaque. Nous avons choisi, d'autre part, comme organe d'étude influencé le cœur isolé du lapin, en raison des conditions actuellement bien acquises qui rendent l'expérimentateur assez complètement maître de la régularité du fonctionnement de cet organe hors de l'organisme.

Le cœur isolé de lapin est entretenu en survie, grâce au procédé classique d'irrigation coronaire de Langendorff, par la circulation de liquide de Ringer, additionné de glucose et saturé d'oxygène, suivant l'indication complémentaire de Locke. Un dispositif expérimental approprié, essentiellement composé d'un système conjugué de ballons contenant les liquides de circulation sous pression d'oxygène et maintenus dans un thermostat à 40°, permet de faire circuler alternativement à travers le cœur soit la

---

(¹) Cette Note a été présentée dans la séance du 6 mai.

(²) Dreser, *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.*, t. XXXII, 1893, p. 456. — L. Kahlenberg u. R.-H. True, *Botan. Gaz.*, t. XXII, 1896, p. 81. — Th. Paul u. B. Krönig, *Zeitschr. f. physik. Chem.*, t. XXI, 1896, p. 414; *Zeitschr. f. Hyg.*, t. XXV, 1897, p. 1.

(³) J. Lœb, *Physiologische Untersuchungen über Ionenwirkungen* (*Arch. f. d. ges. Physiol.*, t. LXIX, 1898, p. 1) et, depuis lors, divers Mémoires dans ce même Recueil et dans *Amer. Journ. of Physiol.* — L.-C. Maillard, *De l'intervention des ions dans les phénomènes biologiques* (*Journ. de Phys. et Path. gén.*, t. I, 1899, p. 651 et 673).

solution physiologique de Ringer-Locke [1], soit cette même solution additionnée d'un sel déterminé de potassium. Un manomètre et un thermomètre, disposés convenablement, donnent la pression ($0^m,03$ à $0^m,04$ Hg) et la température (36°-39°) du liquide de circulation à l'*entrée dans le cœur*.

Les sels de potassium, dont nous avons étudié comparativement la grandeur d'action cardio-inhibitrice, sont les suivants : *chlorure*, *bromure*, *iodure*, *nitrate*, *chlorate*, *ferrocyanure*, *formiate*, *acétate*, *lactate*. Ils ont tous été administrés à même concentration moléculaire. Le Tableau ci-dessous donne les poids de chaque sel respectivement contenus dans 1^l de solution Ringer-Locke. Les diverses solutions, *équimoléculaires*, correspondent à 1^g de KCl par litre, soit au titre $\frac{1}{74,5}$ normal.

Tableau des sels de K expérimentés.

Formule.	Poids moléculaire.	Poids dissous correspondant à $0^g,52$ K.
KCl	74,5	1^g
KBr	119	1,58
KI	166	2,21
KNO^3	101	1,34
$KClO^3$	122	1,62
$K^4Fe(CN)^6$; 3 aq	422	1,40
HCOOK	84	1,12
CH^3-COOK	98	1,30
$CH^3-CHOH-COOK$	128	1,70

L'expérience montre que ces divers sels de potassium, en solution au même titre $\frac{1}{74,5}$ normal, ne présentent pas une grandeur équivalente d'effets inhibiteurs sur le cœur isolé du lapin. Les uns exercent une action d'arrêt total : les ventricules arrêtés d'abord, puis les oreillettes, sont relâchés, leurs cavités très distendues, et les battements rythmiques ne reprennent que si, après avoir suspendu l'arrivée du liquide toxique, on fait circuler de nouveau à travers le cœur la solution physiologique de Ringer-Locke. C'est ainsi que se comportent le *chlorure*, le *nitrate*, l'*iodure* et le *bromure*, constituant donc le groupe le plus toxique. D'autres sels, au contraire, tels que le *ferrocyanure* et le *chlorate*, produisent un ralentissement considérable

---

[1] La formule utilisée dans nos expériences est la suivante : NaCl, 9^g; KCl, $CaCl^2$, $NaHCO^3$, chaque $0^g,20$; glucose, 1^g; H^2O, q. s. pour 1 litre.

du rythme cardiaque et une diminution également très notable de la force des contractions du cœur, mais ne parviennent pas à déterminer l'arrêt complet. D'autres enfin, comme le *formiate*, l'*acétate*, le *lactate*, produisent seulement du ralentissement du rythme et de la diminution de la force des contractions, dans des proportions moindres encore que les précédents.

En présence de tels résultats, justifiés par des graphiques très explicites, si l'on vient à les examiner du point de vue de la dissociation électrolytique, on ne peut pas ne pas être frappé du rapport étroit entre la grandeur de l'action cardio-inhibitrice et celle du coefficient de dissociation des sels expérimentés. Aux sels à acides minéraux dont le coefficient de dissociation [1] est le plus élevé (KCl, KNO^3, KI, KBr) correspond le maximum d'action toxique pour le cœur. Aux sels dont le coefficient de dissociation est moindre [$KClO^3$, $K^4Fe(CN)^6$] correspond une action déjà atténuée. Enfin, aux sels à acides organiques dont le coefficient de dissociation est encore moins élevé (formiate, acétate, lactate) correspond l'action cardio-inhibitrice la plus faible, par rapport aux sels précédents.

En résumé, l'étude d'une série de sels de potassium, *dans lesquels le cation* $\overset{+}{K}$ *exerce seul ou d'une façon prépondérante une action définie sur le cœur*, montre que la grandeur de l'action cardio-inhibitrice est variable pour les divers sels administrés à même concentration moléculaire. Ces sels se groupent suivant une échelle de toxicité, qui est en rapport étroit avec celle de leur dissociation électrolytique. Il semble donc bien que ce soit la teneur des solutions en potassium ionisé, qui règle l'intensité de la réaction biologique; ce n'est pas, du moins, la teneur brute des solutions en potassium.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Du fer dans les tissus végétaux et animaux.* Note de M. A. MOUNEYRAT, présentée par M. A. Haller.

Dans deux Notes antérieures, parues aux *Comptes rendus* le 7 mai et le 25 juin 1906, j'ai indiqué une méthode extrêmement sensible de recherche et de dosage du fer dans les tissus végétaux et animaux.

---

(1) *Cf.* F. KOHLRAUSCH et L. HOLBORN, *Das Leitvermögen der Electrolyte insbesondere der Lösungen*. Leipzig, B.-G. Teubner. — LANDOLT-BÖRNSTEIN, *Physikalisch-chemische Tabellen*. Berlin, J. Springer, 3. Aufgabe; 1905.

Ayant recherché et dosé le fer, par cette méthode, dans un grand nombre de tissus vivants, je rapporterai ces dosages dans la présente Note; mes résultats sont exprimés en milligrammes pour 100g de substance sèche.

	mg		mg		mg	mg
Pain blanc	1,4	à	1,7	Petits pois	6,8	
Pain noir	2,3	à	2,5	Haricots blancs	8,5	
Pommes acides	2,1			Carottes	8,9	
Pommes douces	1,7			Lentilles	9,3	
Poires	2,2			Asperges	20,5	
Lait de vache	2,3			Jaune d'œuf	18,30	
Lait de chèvre	2,5			Choux vert	24 à	37
Groseilles	3,6			Chicorée verte	20 à	25
Riz	4,5			Épinards	35 à	45
Orge	4,7			Sel marin blanc pur	1 à	20
Raisin noir	5,8			Sel marin noir	25 à	100
Pommes de terre	6,2					

J'ai recherché en outre la présence du fer dans un grand nombre de substances provenant du règne végétal et animal.

Blanc d'œuf	Contient du fer
Coquille d'œuf	»
Caséine pure	»
Sérum globuline	»
Sérum albumine	»
Fibrine	»
Globules blancs	»
Lymphe	»

Sans vouloir rapporter ici toutes les substances que j'ai examinées, je dirai qu'on trouve du fer dans tous les tissus et que cet élément semble faire partie constituante de toute cellule vivante.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Extraction des pigments chez les Batraciens.* Note de M. **A. Magnan**, présentée par M. Yves Delage.

Nous nous sommes livrés à une étude comparative sur les pigments des peaux de *Rana temporaria*, de *Pelobates fuscus*, d'*Alytes obstetricans*, d'*Hyla arborea* et de *Triton cristatus*.

Les auteurs sont d'accord pour reconnaître quatre pigments chez *Rana temporaria*: *a.* Un *pigment noir* apparenté aux mélanines. *b.* Un *pigment jaune*, appartenant au groupe des lipochromes et étudié par Krukenberg. *c.* Un *pigment blanc* irisé, décrit comme étant de la guanine et étudié par Laydig, Ewald et Krukenberg. *d.* Un *pigment rouge*, cité par Wittich, Lister et Biedermann et peu connu.

Il convient d'ajouter que la coloration verte des Batraciens est généralement considérée comme n'ayant pas une existence propre, mais serait due chez les Grenouilles à un mélange de guanine et de pigment jaune, et chez la Rainette, soit à un phénomène appelé *cérulescence* par Pouchet, soit à la présence de deux pigments, un noir et un jaune (MM. Camichel et Mandoul).

Aux pigments ci-dessus énumérés, nous en ajouterons deux autres, un vert et un brun jaunâtre et nous donnerons une méthode générale d'extraction de tous ces pigments chez les Batraciens.

Nous préférons au procédé qui consiste à broyer les peaux avec du sable de Fontainebleau, le procédé qui consiste à immerger simplement les peaux dans les liquides susceptibles de dissoudre les pigments. Ce procédé, que nous allons décrire, donne des solutions peu concentrées, il est vrai, mais plus pures.

Les peaux sont mises à digérer avec de l'alcool à 50° pendant 12 heures à l'obscurité. Après filtrage l'alcool à 50° a pris une teinte vert émeraude. Il a dissous un pigment vert que l'on peut obtenir pur en agitant l'alcool avec de la benzine. On décante et l'on évapore la benzine dans le vide et à l'obscurité. Le résidu graisseux vert bouteille obtenu ainsi se montre au microscope sous la forme de petits grains non cristallins. Ce pigment existe en grandes quantités chez *Rana temporaria*, et sur la partie dorsale de la peau de *Triton cristatus*, en petites quantités chez *Pelobates fuscus* et *Hyla arborea*, en quantités presque nulles chez *Alytes obstetricans*.

Les peaux qui ont servi à préparer ce premier pigment sont mises à macérer dans de l'alcool absolu toujours à l'abri de la lumière. Au bout de 12 heures, on retire une liqueur jaune d'or que l'on filtre. C'est une solution de pigment jaune sans trace de pigment vert. Pour obtenir ce pigment jaune presque pur, on laisse évaporer l'alcool. Le résidu est lavé à l'eau. On le reprend par l'éther, ce qui donne une liqueur jaune d'or qu'on évapore dans le vide et à l'obscurité. Il reste un résidu graisseux qui présente au microscope de petits cristaux jaunes affectant la forme d'octaèdres et mesurant 20^{μ} de long sur 12^{μ} de large. Les Batraciens que nous avons étudiés possèdent tous beaucoup de ce pigment jaune; le *Triton cristatus* n'en a pas sur la partie dorsale de la peau.

Les peaux traitées par l'alcool absolu sont ensuite mises à digérer avec de l'acide acétique froid pendant quelques heures. L'acide acétique devient brun jaunâtre. Il a dissous un nouveau pigment. On peut l'obtenir presque pur en laissant évaporer sa solution dans l'étuve. Le résidu cireux est traité par l'éther qui coagule des impuretés, puis on reprend par l'acide acétique froid qui ne dissout presque alors que du pigment brun jaunâtre. En évaporant à l'obscurité, on obtient une huile brune qui ne cristallise pas et qui, mise dans l'eau, surnage sans s'y mélanger. La Grenouille rousse seule possède ce pigment.

Si l'on reprend par l'ammoniaque les peaux traitées par l'acide acétique, on obtient chez *Rana temporaria* femelle, au moment de la ponte, un pigment rouge écarlate. Évaporée à l'obscurité, sa solution ammoniacale laisse un résidu graisseux rouge brun.

Les peaux que l'on a ainsi traitées sont décolorées et transparentes. Il ne reste plus que de place en place de petits îlots noirs, renfermant un pigment noir que l'on peut isoler de la façon suivante. On traite les peaux par de la potasse bouillante. Celle-ci détruit toute la peau et laisse intact le pigment noir, que l'on obtient à l'état de pureté par des centrifugations et des lavages successifs. Examiné au microscope, ce pigment est formé de petits grains qui sont noirs par réflexion et gris par réfraction. Il existe en grandes quantités chez tous les Batraciens que nous avons étudiés.

ZOOLOGIE. — *Histogenèse du tissu adipeux remplaçant les muscles vibrateurs histolysés après le vol nuptial, chez les reines des Fourmis.* Note de M. CHARLES JANET, présentée par M. Alfred Giard.

Chez les reines des Fourmis les muscles vibrateurs des ailes sont complètement histolysés quelques semaines après le vol nuptial ([1]).

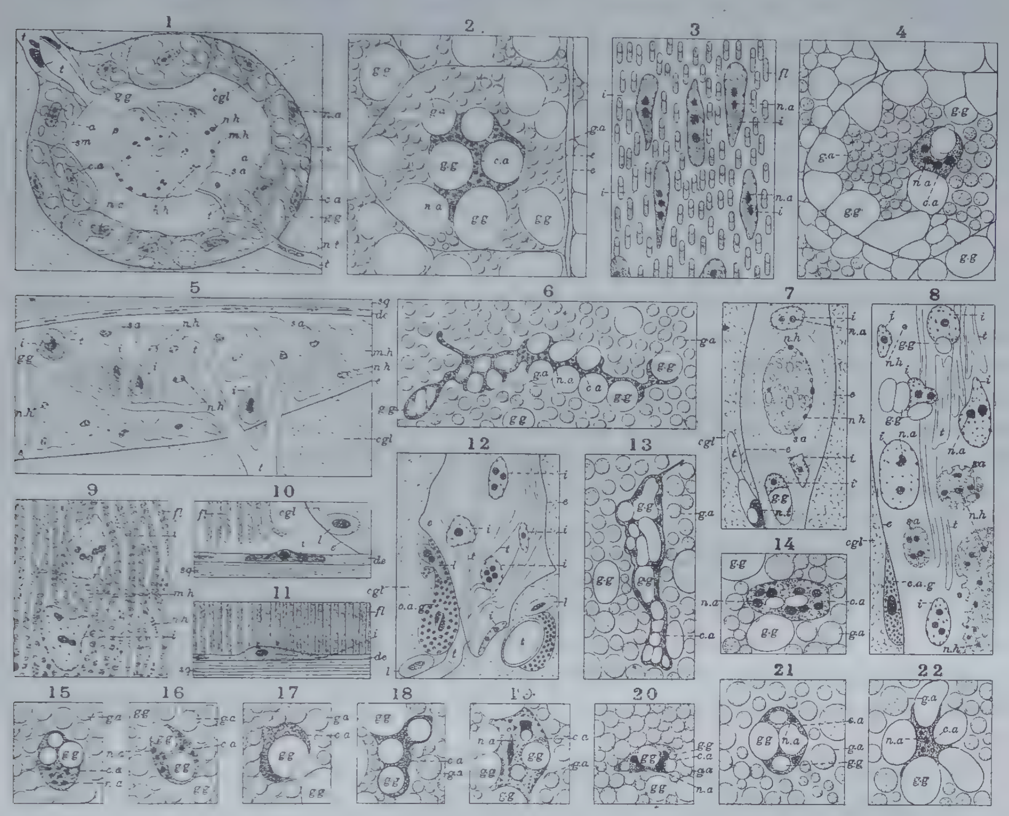
Il n'en subsiste plus, alors, que les enveloppes et que les trachées qui se faufilaient entre les fibrilles musculaires (*fig.* 12).

Des cellules mésodermiques libres, véritables leucocytes, qui circulaient dans le sang et à la surface des organes, ont, peu à peu, au cours de l'histolyse, pénétré dans l'intérieur de ces enveloppes (*fig.* 5). Elles y ont été attirées non seulement par les liquides nutritifs résultant de la dissolution

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 394 (*fig.* 2).

de la substance musculaire (*fig.* 7), mais aussi par la présence des trachées qu'elles y trouvent et qui sont indispensables à leur fonctionnement. Il n'est



Toutes les figures ci-dessus se rapportent au *Lasius niger* sauf la figure 2, qui se rapporte à la *Formica fusca :* 1, nappe de jeunes adipocytes sur l'enveloppe d'un faisceau presque complètement histolysé; 2, adipocyte d'un faisceau histolysé; 3, initiales d'adipocytes pénétrant entre des fibrilles en histolyse; 4, adipocyte d'un faisceau histolysé; 5, initiales d'adipocytes venant de pénétrer dans la région d'insertion d'un faisceau en histolyse; 6, corps adipogène d'un vieil adipocyte non fasciculaire; 7 et 8, initiales d'adipocytes et sarcolytes; 9, initiales d'adipocytes pénétrant entre des fibrilles en histolyse; 10 et 11, initiales d'adipocytes s'insinuant dans le derme d'insertion d'un faisceau en histolyse; 12, initiales d'adipocytes dans un faisceau histolysé; 13 à 22, corps adipogènes d'adipocytes de faisceaux; *a,* adipocyte; *c. a. g,* cellule amiboïde granuleuse; *c. g. l,* coagulum sanguin; *c. a,* corps adipogène; *de,* derme; *e,* enveloppe d'un faisceau vibrateur; *fl,* fibrille vibratrice; *g. a,* globule albuminoïde; *g. g,* globule de graisse; *i,* initiale d'un adipocyte; *l,* leucocyte; *m. h,* muscle vibrateur en histolyse; *n. a,* noyau du corps adipogène; *n. h,* noyau musculaire en histolyse; *n. t,* noyau trachéen; *sa,* sarcolyte; *sm,* sarcolemme; *sq,* squelette chitineux; *t,* trachée.

pas aisé de surprendre ces leucocytes au moment de leur pénétration. Ils forment, en certains points, de véritables accumulations à l'extérieur des enveloppes et certainement, si ces enveloppes n'existaient pas, les fragments

musculaires en histolyse en seraient couverts. C'est principalement au voisinage des insertions sur le tégument que se fait la pénétration, car c'est là, surtout, que l'on voit, à l'intérieur des faisceaux, des leucocytes n'ayant pas encore perdu leur aspect normal (*fig.* 5). Quelques-uns pénètrent probablement en suivant les troncs trachéens qui traversent les enveloppes, mais il y en a certainement qui pénètrent en se faufilant dans l'épaisseur du derme d'insertion du faisceau considéré (*fig.* 10 et 11).

Lorsqu'ils sont entrés dans le faisceau, les leucocytes se déplacent en suivant la paroi interne de l'enveloppe persistante du faisceau (*fig.* 12) ou les fibrilles en voie de dégénérescence (*fig.* 3 et 9), ou les ramifications trachéennes (*fig.* 8 et 12). Immédiatement après leur pénétration ils perdent leur aspect de leucocytes et prennent celui des cellules initiales d'adipocytes. Ils grossissent, deviennent irréguliers, contractent leur noyau et produisent dans l'intérieur de leur protoplasme un certain nombre de granulations. Ces initiales, toujours bien caractérisées par leur aspect, ne peuvent jamais être confondues avec les sarcolytes, à noyaux en dégénérescence qui les entourent (*fig.* 8). Bientôt le noyau de chaque initiale se divise directement en deux (*fig.* 3 et 8) et de nouvelles divisions portent ce nombre à quatre (*fig.* 4 et 20), à huit (*fig.* 14), puis bien au delà (*fig.* 13).

La cellule initiale d'adipocyte ainsi formée n'attend pas toujours que son noyau se soit beaucoup fragmenté pour produire dans son intérieur (*fig.* 5) et émettre (*fig.* 8) un petit nombre de globules de graisse, trois ou quatre par exemple, qui restent adhérents à sa face externe et sont entourés chacun d'une fine enveloppe. Elle émet, en même temps que les globules de graisse, du protoplasme qui les recouvre, et bientôt le tout s'entoure d'une véritable membrane cellulaire (*fig.* 1).

Le milieu environnant les jeunes adipocytes étant, en ce moment, très riche en substances nutritives, il se produit, d'une façon précoce, au sein du protoplasme qui sépare les globules de graisse, un certain nombre de globules albuminoïdes.

Bien que de dimensions encore restreintes, l'adipocyte est alors complètement constitué. Il n'a plus qu'à augmenter son volume et le nombre de ses globules de réserve pour devenir la cellule géante bien connue.

Le leucocyte initial a formé surtout ce corps central qui mérite, ici, plutôt le nom de *corps adipogène* que celui de *noyau*, le véritable noyau étant représenté par toutes ces petites masses très colorables qui proviennent de la division du noyau du leucocyte.

Les globules albuminoïdes deviennent de plus en plus nombreux. Ils se forment dans le protoplasme issu du corps adipogène.

C'est uniquement dans l'intérieur du corps adipogène, ou à sa surface lorsqu'il a

perdu sa forme massive, que se forment les globules de graisse. Ils finissent par s'en détacher au bout de quelque temps. Dès qu'ils sont libres, un phénomène de capillarité ramène les globules albuminoïdes dans la région centrale au voisinage du corps adipogène, tandis que les globules de graisse s'en vont, les uns à la suite des autres, se loger contre la face interne de l'enveloppe où ils demeurent jusqu'au moment de leur utilisation (*fig.* 4).

C'est par exosmose que les corps gras sortent de l'adypocyte, et il en est de même des produits de la digestion intracellulaire des globules albuminoïdes.

Les figures 2 et 13 à 22 montrent des globules de graisse en voie de formation ou en voie d'émission. Le corps adipogène représenté figure 13 présente une activité particulièrement remarquable.

A la suite d'un fonctionnement intensif, le corps adipogène perd sa forme massive et se transforme en une nappe de forme très compliquée dans laquelle on retrouve le noyau initial du leucocyte de plus en plus fragmenté. Cela se voit bien surtout dans les vieux adipocytes qui se sont formés à la fin de la vie nymphale et qui, au moment de la formation des adipocytes des faisceaux, sont très volumineux (*fig.* 6).

GÉOLOGIE. — *Sur les formations glaciaires de la Chaux-d'Arlier.* Note de MM. **Paul Girardin** et **Fritz Nussbaum**, présentée par M. de Lapparent.

La plaine de remplissage qui s'étend à l'ouest et au sud-ouest de Pontarlier a tous les caractères d'un *paysage morainique* de fraîche date. Sous cette topographie effacée, la roche en place n'apparaît qu'au village de Frasne et au moulin de Lotaud; partout ailleurs elle disparaît sous une nappe d'erratique d'origine récente, où l'on arrive à distinguer des chaînes de moraines grossièrement concentriques, ayant conservé leur relief. Cet erratique s'appuie sur le premier pli des hautes chaînes du Jura (Laveron) et se poursuit dans la direction du Sud-Ouest. La glaciation appartient au type *Vorlandgletscher*.

La première question est de savoir si l'on a affaire à des glaciers locaux, ayant leurs bassins d'alimentation dans la chaîne du Laveron, ou si ces moraines correspondent à l'expansion sur le plateau de deux glaciers s'alimentant dans les hautes chaînes situées en arrière, remplissant le synclinal du lac de Saint-Point, et débouchant par les deux vallées transversales du

Doubs et du Drugeon. Toutes ces chaînes étant calcaires (jurassique et crétacé), la composition du matériel erratique n'en indique pas la provenance.

Nous avons bien affaire à deux glaciers seulement, venant des chaînes de la frontière. D'une part, le Laveron ne dépasse pas 1120^m. En admettant, avec Ed. Brückner, 1100^m-1150^m comme limite inférieure des neiges lors de la dernière glaciation, seuls quelques hectares pouvaient porter des névés permanents. D'autre part, la topographie des moraines dans la vallée de Bonnevaux montre les arcs concentriques de moraines terminales venant toutes se raccorder au débouché de la cluse du Drugeon.

Voici la topographie de ces moraines : dans le triangle Frasne-La Rivière-Bonnevaux, un « complexe glaciaire » très frais est constitué par des moraines terminales, dont la voie ferrée utilise le sommet entre Frasne et La Rivière pour se tenir de niveau. Le front du glacier du Drugeon était dissymétrique : le lobe de droite, le plus développé, était limité par le vallum morainique en demi-cercle qui porte le village de La Rivière, et sa dépression centrale est encore occupée par l'étang du même nom. En arrière, d'autres moraines marquent des stades de retrait. Ces stationnements du glacier ont été assez longs pour que des amphithéâtres morainiques s'édifient, chacun avec sa dépression centrale, telle que l'étang de Frasne. Ainsi, des « Zungenbecken » de retrait se partagent la surface du grand « Zungenbecken » dont la voie ferrée jalonne le pourtour.

Le retrait des glaciers dans les vallées du Drugeon et du Doubs se fit par étapes, marquées chacune par des moraines stadiaires avec dépression centrale : tourbière de Vaux et Chantegrue. Ces Zungenbecken en miniature se retrouvent le long du Doubs en aval du lac de Saint-Point. Tout autour de ce lac, une ceinture d'erratique à l'altitude constante de 60^m-70^m au-dessus de l'eau témoigne d'un ancien niveau plus élevé.

De quels éléments se compose le matériel erratique de la région? Il existe, à ce point de vue, une distinction essentielle entre les deux régions que sépare la ligne de collines Frasne-Dompierre. Dans la région des moraines qui ont gardé leur relief, au sud-est de la route, les matériaux, restés anguleux et noyés dans la boue glaciaire, présentent des traces de stries et se composent uniquement de roches jurassiennes, calcaires blancs du jurassique supérieur. Cet erratique est tout entier de provenance locale, mais rien ne dit que ce matériel jurassien, non altéré ni décomposé, ne recouvre pas les traces d'une glaciation plus ancienne.

En avant de ces moraines terminales s'observent des *traces* d'erratique, sous forme de galets roulés de quartzites, à patine roussâtre, non encore décomposés. Voilà un matériel de provenance différente, qui s'étend en avant du premier et doit passer par dessous, et dont la patine indique l'antériorité. Il est de provenance alpine, et se rapporte à une glaciation plus ancienne et plus étendue. En remontant la vallée de Bonnevaux on trouve, mêlés au glaciaire jurassien, des débris de roches autres que des quartzites, telles que diorites et schistes cristallins. De même la banquette glaciaire

qui borde à l'Est le lac de Saint-Point est constituée par des matériaux locaux, mais elle recouvre du glaciaire alpin que l'on retrouve, à l'état de gros blocs, dans la moraine de Chaon, qui ferme l'extrémité nord du lac.

Donc les moraines de grands glaciers jurassiens, aussi développés que ceux des vallées secondaires des Alpes, recouvrent de l'erratique alpin plus ancien. De quand datent ces glaciers jurassiens, qu'on appellerait aujourd'hui *glaciers de premier ordre ?* L'état de conservation des moraines de Frasne permet de les rapporter à la quatrième glaciation (Würm), et de les paralléliser avec les « moraines internes ». Ce serait donc à tort que M. Brückner a vu, dans ces moraines des environs de Pontarlier, un stade de retrait de la glaciation de Riss. Quant aux galets siliceux épars en avant des moraines, ils sont les restes d'une glaciation plus ancienne, presque complètement dispersés par l'érosion (glaciation de Riss).

Nous trouvons donc, dans la Chaux-d'Arlier, les traces de deux glaciations superposées, la plus ancienne débordant la plus récente. Au point de vue morphologique, celle-ci seule se traduit par un « facies glaciaire » visible dans la topographie; de la plus ancienne ne subsistent que des galets épars à la surface du plateau, et les formes du terrain n'en conservent aucun souvenir.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la lithologie océanographique des mers anciennes.* Note de M. J. Thoulet.

Malgré le peu de développement que possède encore la lithologie du lit océanique actuel, on la connaît cependant assez pour être assuré que chaque région sous-marine est caractérisée par la nature de certains des minéraux qui en recouvrent le sol. Au milieu d'une masse abondante de carbonate de chaux, de quartz et d'argile distribuée à peu près partout, un examen attentif permet de découvrir des minéraux spéciaux qui ne se rencontrent que sur une aire géographique limitée. C'est ainsi que, me bornant aux fonds marins analysés par moi, j'ai pu constater, par exemple, que la séricite était particulière au bassin situé à l'est de Madagascar, le basalte aux parages des îles de la Réunion et Maurice, les minéraux volcaniques à ceux des Açores, le saphir à ceux de Groix, le grenat à l'Iroise, le silex au sud de la mer du Nord. Ces minéraux, quoique microscopiques, portent donc en eux l'indication non seulement de parages déterminés,

mais, par leur nature même, leurs dimensions, leur forme, leur association, l'ensemble de leurs caractères intimes et extérieurs, ils témoignent de l'existence et de la constitution lithologique de leur gisement primitif, continental ou sous-marin, des circonstances diverses très variables qui les ont portés de leur lieu d'origine au lieu où on les rencontre, ainsi que des conditions de leur sédimentation dont les effets sont déjà en partie connus grâce à l'observation directe appuyée d'expériences synthétiques.

Ces considérations s'appliquent aux roches sédimentaires géologiques terrestres, calcaires, argiles, marnes, grès qui, fonds marins anciens maintenant exondés, ne se distinguent par aucune différence essentielle des fonds marins actuels. Si donc, après avoir débarrassé un calcaire de la masse de son carbonate de chaux, on recueille par un traitement approprié les minéraux dits rares qui y sont contenus, ceux-ci, une fois reconnus au microscope, renseigneront sur les conditions de l'océan disparu aujourd'hui au sein duquel ils se sont déposés autrefois. En d'autres termes, le minéral rare constituera une sorte de fossile minéral rendant des services comparables à ceux que l'on attend de fossiles d'origine organique et leur étude sera, si l'on peut s'exprimer ainsi, une véritable paléontologie minérale.

Les procédés de triage et d'analyse des fonds marins permettent d'aborder ces travaux de lithologie océanographique. Les méthodes que j'emploie consistent en triages mécaniques et par la liqueur d'iodures, observation des divers caractères physiques et particulièrement optiques, attaques aux acides, calcinations graduées, colorations artificielles, etc. Je viens de les appliquer à des échantillons de calcaires, de marnes et de grès du muschelkalk, du trias, du lias, du bajocien et du bathonien des environs de Nancy ainsi qu'à de la craie des falaises de Dieppe. Partout les minéraux rares se sont montrés, et, malgré leurs proportions presque infinitésimales (de 0,1, maximum, à 0,02 pour 100 et même moins encore), ils sont faciles à isoler et à reconnaître même au sein d'une masse considérable de matière moins intéressante. Sans entrer ici dans le détail de chacune des analyses auxquelles je me suis livré, alors que dans la craie ces minéraux rares ou caractéristiques consistaient en silex dans un état spécial, corindon, glaucophane et hornblende, dans les roches des environs de Nancy ils étaient représentés par la trémolite, le zircon, la tourmaline, le corindon, l'augite, le rutile, la muscovite, la biotite, le spinelle, la pyrite, l'ilménite et d'autres encore.

L'analyse d'échantillons appartenant à une même couche, mais récoltés en des localités éloignées de 4^{km} les unes des autres, a montré que la proportion et la nature des minéraux rares étaient bien les mêmes et, par suite, caractéristiques de la couche et qu'en outre ils variaient le plus souvent d'une couche à une autre, de sorte qu'ils fournissaient le moyen de reconnaître celle-ci dans le cas où, comme dans un sondage, on n'en posséderait les éléments qu'à l'état pulvérulent. La remarque ne manque pas d'un intérêt pratique digne de considération.

Une méthode analogue a été appliquée à un granite des Vosges qui, pulvérisé, a laissé extraire la très petite portion de minéraux rares qu'il contenait. Ceux-ci se retrouveront certainement en tout ou partie dans les sédiments provenant de sa destruction subaérienne. De même que les zircons, tourmalines, corindons et rutiles des calcaires anciens, ils établiront la nature des roches formant les montagnes dont les débris étaient entraînés dans les mers secondaires de la région et, par la dimension de leurs grains, leur mode d'usure et leurs autres caractères, ils fourniront une notion des conditions où se sont effectués leur entraînement et leur sédimentation.

Il est bien entendu que ces remarques ne s'appliquent que dans une certaine mesure aux minéraux formés au sein de la roche postérieurement à son dépôt, minéraux dont l'origine se laisse presque toujours reconnaître sans difficulté.

M. N. Slomnesco adresse une Note intitulée : *L'aérostat dirigeable.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 13 MAI 1907.

Icones Mycologicæ, par Boudier; 3e série, livraison 13. Paris, Paul Klincksieck, 1907; 1 fasc. in-4°.

Mémoires de la Société nationale d'Agriculture, Sciences et Arts d'Angers; 5e série, t. IX, année 1906. Angers, Germain et G. Grassin, 1906; 1 vol. in-8°.

La R. Scuola superiore di Agricoltura in Portici, nel passato e nel presente, 1872-1906. Portici, E. Della Torre, 1906; 1 vol. in-4°.

Spigolature Aldrovandiane, per G.-B. DE TONI : III. *Nuovi dati intorno alle relazioni tra Ulisse Aldrovandi e Gherardo Cibo.* — IV. *Il viaggio e le raccolte botaniche di Ulisse Aldrovandi ai Monti Sibillini nel* 1557. — VI. *Le piante dell'antico Orto Botanico di Pisa ai tempi di Luca Ghini.* Modène et Rome, 1907; 2 fasc. in-4° et 1 fasc. in-8°.

Mammals of the mexican boundary of the United States, by EDGARD-ALEXANDER MEARNS; Part I : *Families Didelphiidæ to Muridæ.* (Smithsonian Institution. United States National Museum; *Bull.* 56.) Washington, 1907; 1 vol. in-8°.

An investigation of evolution in chrysomelid beetles of the genus « Leptinotarsa », by WILLIAM LAWRENCE TOWER. (Carnegie Institution of Washington; *Publication* n° 48.) Washington, 1906; 1 vol. in-8°.

Hawaiian and other Pacific Echini. The Cidaridæ, by ALEXANDER AGASSIZ and HUBERT LYMAN CLARK; with forty-four plates. (*Memoirs of the Mus. of comp. Zoölogy at Harvard College;* t. XXXIV, n° 1.) Cambridge, E.-U., 1907; 1 vol. in-4°.

The Hydroïds, by SAMUEL-F. CLARKE; with fifteen plates. (*Memoirs of the Mus. of comp. Zoölogy at Harvard College;* t. XXXV, n° 1.) Cambridge, E.-U., 1907; 1 fasc. in-4°.

Mémoires du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique; t. III : *Insectes houillers de la Belgique;* par A. HANDLIRSCH. Bruxelles, Polleunis et Ceuterick, 1906; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

—

(Séance du 4 mars 1907.)

Note de M. *Bounhiol,* Sur les Poissons comestibles du lac Mélah (La Calle, Algérie) :

Page 514, ligne 29, *au lieu de* du milieu d'août à fin septembre, *lisez* de novembre à fin février.

(Séance du 25 mars 1907.)

Note de M. *Jean Becquerel,* Sur la polarisation rotatoire magnétique aux environs des bandes d'absorption, etc. :

Page 683, ligne 20, *lisez* $2\pi\left(\mathfrak{I}_{oh} \pm \frac{1}{2}\sqrt{c_h^2 R^2 + \mathfrak{I}'^2_h}\right)$.

(Séance du 22 avril 1907.)

Note de M. *J. Guyot*, Sur la théorie de Nernst et les chaînes liquides à extrémités identiques :

Page 834, *au lieu de*

$\frac{1}{10}SO^4K^2|\frac{2}{10}SO^4Li^2|\frac{1}{50}SO^4H^2|\frac{1}{10}SO^4Na^2|\frac{1}{10}SO^4K^2$ ...... 9° +0,002 volt −0,003 volt

lisez

$\frac{1}{10}SO^4K^2|\frac{2}{10}SO^4Li^2|\frac{1}{50}SO^4H^2|\frac{1}{10}SO^4Na^2|\frac{1}{10}SO^4K^2$ ...... 9° +0,002 volt +0,003 volt

et, à la suite des résultats indiqués, ajouter les lignes suivantes :

Chaînes.	Température.	E observées.	E calculées.
	°	volt	volt
$\frac{1}{10}SO^4Li^2 \mid \frac{1}{50}SO^4H^2 \mid \frac{1}{10}SO^4H^2 \mid \frac{1}{10}SO^4Li^2$	9,2	−0,008	−0,012
$\frac{1}{10}SO^4Na^2 \mid \frac{1}{50}SO^4H^2 \mid \frac{1}{50}SO^4Na^2 \mid \frac{1}{10}SO^4Na^2$	8,8	0,015	0,012
$\frac{1}{10}SO^4Na^2 \mid \frac{1}{50}SO^4H^2 \mid \frac{1}{10}SO^4K^2 \mid \frac{1}{10}SO^4Na^2$	8,8	−0,003	−0,003
$\frac{1}{10}SO^4Na^2 \mid \frac{1}{10}SO^4K^2 \mid \frac{1}{50}SO^4H^2 \mid \frac{1}{50}SO^4K^2 \mid \frac{1}{10}SO^4Na^2$ ...	8,5	0,016	0,012
$\frac{1}{10}SO^4Na^2 \mid \frac{1}{10}SO^4K^2 \mid \frac{1}{10}SO^4Li^2 \mid \frac{1}{10}SO^4Na^2$	8,5	0,000	0,000

Remarquons que le calcul implique la connaissance exacte des vitesses des ions et que l'inexactitude avec laquelle ces vitesses sont connues se reporte sur le nombre qui donne la force électromotrice calculée. Dans ces conditions, on voit que l'accord entre les résultats du calcul et ceux de l'observation est satisfaisant.

(Séance du 29 avril 1907.)

Note de M. *E. Barré*, Sur les surfaces engendrées par une hélice circulaire :

Page 893, ligne 8 en remontant, *au lieu de*

$$P \sin i \sin V \sin W,$$

lisez

$$P \sin i \sin V \cos V \sin W.$$

Page 893, ligne 7 en remontant, *au lieu de* $\frac{d\psi}{dt}$, *lisez* $\frac{d\psi}{ds}$.

Page 893, ligne 1 en remontant, *au lieu de* $\frac{\partial i}{\varphi}$, *lisez* $\frac{\partial i}{\partial \varphi}$.

Page 894, note (1), *au lieu de* $+\left(\frac{KL - \rho N}{M}\right)^2$, *lisez* $+\left(\frac{KL - \rho N}{\rho M}\right)^2$.

(Séance du 29 avril 1907).

Note de M. *Vigouroux,* Sur la limite de siliciuration du cuivre :

Page 918, dernière ligne, *au lieu de* 15 janvier 1905, *lisez* 15 janvier 1906.